Die Aenderung

der

osmotischen Erscheinungen und Gesetze

durch

die strömende Bewegung der Flüssigkeiten

und

die Abhängigkeit dieser Aenderung
von der verschiedenartigen Natur und Porosität der Diaphragmen,

nachgewiesen an der

Exosmose ruhender und strömender Kochsalz-Lösungen durch Membranen und poröse Platten.

Ein
experimenteller Beitrag zur Diffusionslehre
nebst
Andeutungen über die wissenschaftliche und technische Verwerthung
der neuen Beobachtungen.

Von
Dr. F. Wibel.



Seiner Magnificenz

Herrn Bürgermeister Dr. G. H. Kirchenpauer,

dem naturwissenschaftlichen Forscher,

dem Ehrenpräsidenten des Naturwissenschaftlichen Vereins,

dem unermüdlichen Förderer

aller wissenschaftlichen Bestrebungen in Hamburg,

zur Erinnerung

an die Feier seines 50jährigen Doctorjubiläums

am 8. August 1881

in aufrichtiger Ergebenheit

der Verfasser.



Vorwort.

Die auf nachstehenden Blättern der Oeffentlichkeit übergebenen Untersuchungen sind als Fundamental-Versuche zu betrachten, welche die Einführung eines neuen Gesichtspunktes in das Experimental-Studium der Diffusions-Erscheinungen schildern und dessen Berechtigung darthun sollen. Schon hieraus erklärt sich, warum der rein experimentellen Seite die eingehendste, auf tabellarische und graphische Anschauung in wechselseitiger Ergänzung sich stützende, Erörterung gewidmet worden ist und gewidmet werden musste. Je complicirter die Erscheinungen selbst, je überraschender die Beobachtungsresultate waren, umsoweniger durfte die Anführung der speciellsten Versuchsdaten und eine gewisse Breite der Darstellung unterbleiben, damit eine objective Kritik des Experimentes und ein richtiges Verständniss seiner Ergebnisse ermöglicht werde.

Auf die Entwicklung theoretischer Schlussfolgerungen sowie auf eine mathematisch-physikalische Behandlung des Gegenstandes habe ich sogut wie ganz verzichten zu müssen geglaubt. Dagegen konnte ich mir nicht versagen, die Verwerthbarkeit der neuen Beobachtungen für verschiedene wissenschaftliche Disciplinen sowie für technische Gebiete sei es andeutungsweise zu berühren, sei es ausführlicher zu beweisen. Denn schon auf Grund dieser ersten Fundamental-Versuche scheinen sich mir verheissungsvolle Perspectiven nach manchen Richtungen zu eröffnen. —

Ausgeführt sind die sämmtlichen Untersuchungen im hiesigen Chemischen Staats-Laboratorium und muss ich vor Allem die ausdauernde und thatkräftige Hülfe, welche mir der Assistent der Anstalt, Herr *Dr. Ad. Engelbrecht,* zu Theil werden liess, mit lebhaftestem Danke anerkennen.

Hamburg, December 1882.

Dr. F. Wibel.



Inhalt.

Einleitung.

Nachdem schon im Jahre 1748 durch *Nollet* und dann wieder in den Jahren 1811—12 durch *G. F. Parrot*[1], *Sömmering*[2] und *N. W. Fischer* die ersten Beobachtungen gemacht waren, welche in das heute unter dem Namen Osmose zusammengefasste Gebiet von Erscheinungen gehören, nachdem dann der letztere Forscher in 1814/15 und 1821/22 eingehendere Studien veröffentlicht hatte[3], brachte *R. J. H. Dutrochet*[4] in den Jahren 1826 und 27 seine Untersuchungen und Anschauungen zur Kenntniss, welche ihn als den eigentlichen Entdecker dieses Theiles der Diffusionslehre erscheinen lassen, wie denn auch thatsächlich die bis jetzt herrschenden Ausdrücke Exosmose und Endosmose von ihm herrühren. Seit jener Zeit haben sich Physiker, Chemiker und Physiologen, sowohl Forscher ersten Ranges, als auch solche von bescheidenerer Stellung, unablässig mit den interessanten und räthselvollen Erscheinungen beschäftigt. Man braucht nur die Namen *G. Magnus, Fick, Jolly, Th. Graham, Liebig, Beilstein, E. Brücke, Vierordt, C. Ludwig, Traube, W. Pfeffer,* u. A. zu hören, um sicher zu sein, dass unsere Erkenntniss dieser Vorgänge im Grossen und Ganzen wie im Einzelnen grosse Fortschritte gemacht haben wird. Sind wir freilich — in welcher Annahme ich nicht zu irren glaube — auch heute noch von einer wirklichen Erklärung, von einer Auffindung der eigentlichen Ursache für die Osmose ebensoweit entfernt, wie von einer wissenschaftlich begründeten allgemeinen Theorie derselben, so haben wir doch durch die bisherigen Forschungen nicht nur ein grosses Beobachtungsmaterial und damit werthvolle Einblicke in die Wirksamkeit der einzelnen Factoren gewonnen, aus denen sich die Gesammterscheinung zusammensetzt und von denen sie abhängig ist, sondern wir haben auch die ausserordentliche Bedeutung der Osmose für die Thier- und Pflanzenphysiologie, ja auch für praktisch-chemische und technische Processe in ungeahnter Weise kennen und würdigen gelernt. Je grösser darnach die Rolle erscheint,

[1] Georg Friedr. Parrot, Theoret. Phys. II, p. 331.

[2] S. Th. von Sömmering, Denkschr. d. München. Akad. 1811 u. 12. p. 273.

[3] N. W. Fischer, Abh. Berl. Akad. d. W. 1814 u. 15 p. 241; Gilbert, Ann. Bd. 72 (1822) p. 300; Pogg. Ann. Bd. 11. (1827) p. 126.

[4] Dutrochet in Ann. Chim. Phys. T. 35. (1827) p. 393. Pogg. Ann. Bd. 11. (1827) p. 138.

welche diesem Vorgange zukommt, um so schmerzlicher wird man den Mangel einer »Theorie« desselben vermissen, und um so lebhafter wird man wünschen, durch weiteres Studium gerade jener Factoren, welche auf ihn Einfluss üben, den Zeitpunkt vorzubereiten, an welchem jener Mangel von berufener Seite gehoben zu werden vermag.

Die Bedeutung der specifischen Natur der Diaphragmen, der Art der Salze oder anderen diffundirenden Substanzen, der Concentration und Concentrationsdifferenz der Lösungen, der Imbibition, des Druckes, der Temperatur u. s. w. für die osmotischen Erscheinungen ist uns nach qualitativer wie quantitativer Richtung durch die bisherigen Arbeiten soweit klar gelegt, dass wir ein allgemeines Urtheil über ihren Einfluss besitzen. Dagegen ist, wie es scheint, ein anderer Factor bis jetzt auffallenderweise ganz ausser Acht gelassen: die strömende Bewegung der betr. Lösungen oder Flüssigkeiten.[1] Wenigstens ist es mir nicht gelungen, in der einschlägigen Literatur, soweit mir dieselbe zu Gebote stand, irgend eine Untersuchung aufzufinden, welche diesem Momente bei der Diffusion allgemeine oder experimentelle Berücksichtigung geschenkt hätte. Alle mir zur Kenntniss gelangten umfangreicheren Arbeiten und Versuche beziehen sich stets und ausschliesslich auf die Membran-Diffusion (Osmose) bei beiderseits ruhenden Flüssigkeiten und wo etwa einmal aus anderen Gründen mit bewegten Lösungen experimentirt wurde, da ist eben dieser Variation der Versuchsbedingungen keine weitere Beachtung zugewendet. Auffallend aber glaube ich jenen Umstand deshalb nennen zu dürfen, weil ja gerade die zahllosen Anwendungen der Osmose auf die Erklärung physiologischer Vorgänge kaum anders berechtigt waren, als wenn dort bewegte Flüssigkeiten die Grundlage der Fundamental-Versuche, wie hier die der natürlichen Processe gebildet hätten, und weil diese Erkenntniss sofort und längst zum Studium der Osmose bei strömenden Lösungen hätte führen müssen. Wenn — wie von manchen Seiten behauptet wird — unsere bisherige Kenntniss des physikalischen Vorganges der Osmose den von Seiten der Physiologie gehegten Erwartungen nicht entsprochen, wenn vielmehr gegenüber den anfangs hochgespannten Hoffnungen eine gewisse Enttäuschung Platz gegriffen hat, — sollte dies nicht zum Theil mit daran liegen können, dass jene allerfundamentalsten Verhältnisse (dort ruhende, hier strömende Flüssigkeiten) so ganz verschiedenartige gewesen sind?! Ich für meinen Theil wage dies nicht direct zu behaupten, allein die Möglichkeit möchte ich ebensowenig bestreiten lassen, und mich dem Glauben hingeben, hierin die Zustimmung derer zu finden, welche aus den nachfolgenden Blättern den merkwürdigen und quantitativ bedeutenden Einfluss einer verhältnissmässig geringen strömenden Bewegung der Flüssigkeit auf den Gang der Osmose erkannt haben.

Diesen Nachweis auf rein experimentellem Wege zu erbringen ist nun der Hauptzweck meiner hier mitgetheilten Untersuchungen; sie sollen also eben so sehr eine Lücke in unserem rein physikalischen Wissen über die Osmose ausfüllen, wie ihre Anwendbarkeit auf andere Erscheinungen und Processe erweitern. Den ersten Anstoss

[1] Hiermit ist selbstverständlich nicht die osmotische Strömung, welche mit dem Austausch der Lösungsbestandtheile durch das Diaphragma verknüpft ist, zu verwechseln.

zur Inangriffnahme der Arbeit gab mir eine scheinbar fernliegende Frage, nämlich diejenige, warum die Siele (Abfuhrkanäle) einer Stadt den Bodenuntergrund derselben nicht verunreinigen. Zur Aufstellung dieser Frage — über deren Berechtigung an sich wir uns ganz am Schlusse dieser Blätter noch unterhalten werden — gelangte ich bei meinen Untersuchungen über die Fluss- und Bodenwässer Hamburgs[1] und suchte schon damals die Antwort in der Vermuthung, dass „die Membran-Diffusion bei strömenden Flüssigkeiten ganz andern Gesetzen gehorche". Zunächst war diese Vermuthung allerdings wieder nur aus einer Speculation hervorgegangen: da die Porosität die Grundbedingung für osmotische Processe ist, da beim Vorüberströmen bewegter Flüssigkeiten an engen Röhrenöffnungen unter gewissen Umständen ein Ansaugen d. h. also eine Druckdifferenz in negativem Sinne (zum statischen Druck der strömenden Flüssigkeit) hervorgerufen wird, so wollte es mir auch denkbar erscheinen, dass eine in einer porösen Röhre (Siel) strömende Flüssigkeit einen hinreichend starken negativen Druck in den Porenkanälen erzeuge, um lediglich eine endosmotische Aufsaugung zur Geltung kommen zu lassen, jede exosmotische Ausschwitzung aber aufzuheben. Wäre also diese Vorstellung im Allgemeinen richtig, so müsste die Exosmose bei strömenden Flüssigkeiten stets verringert oder gar auf Null reducirt, die Endosmose aber dieses ihres Charakters ganz entkleidet und zu einer rein mechanischen Aufsaugung werden. Auch experimentell war ich dieser Untersuchung bereits bei Abfassung jener Schrift nahe getreten und habe (a. a. O. S. 64.) zwei Versuchsreihen an je zwei aus Alabaster-Gyps gegossenen Röhren mit ruhender und strömender Kochsalz-Lösung gleicher Concentration angeführt, bei welchen der Austritt von Chlor nach ca. 2 Stunden immer nur in dem ruhenden, nicht aber in dem strömenden Versuche nachgewiesen werden konnte. Die Bestätigung, welche hierdurch meiner Voraussetzung erwuchs, reizte mich zur Fortsetzung derartiger Versuche, und als ich nun sehr bald auch zu ganz entgegengesetzten Resultaten gelangte, welche alle jene Annahmen und Entwickelungen über den Haufen zu werfen schienen, hielt ich mich verpflichtet, die ganze Frage in gründlichster und exactester Weise und von rein wissenschaftlichen Gesichtspunkten geleitet zu experimenteller Prüfung und Lösung zu bringen.

Dass mit dieser Aufgabe sehr erhebliche Schwierigkeiten verknüpft sind, wurde mir allmählich nur allzu deutlich; ja es sind dieselben gerade nach der rein praktisch experimentellen Richtung hin so gross, dass nicht nur mehrere Jahre darüber verflossen, bis ich zu der Conſtruction eines brauchbaren Apparates kam, sondern auch die Ausführung der Versuche selbst sich über Jahre hinaus erstrecken musste. Wird dadurch verständlich, warum ich erst nach Verlauf von 6 Jahren im Stande bin, jener damals aufgeworfenen Frage eine theilweise Beantwortung in befriedigendem Grade zu geben, so dürfte vielleicht auch andrerseits darin die Erklärung für die früher als »auffallend« bezeichnete Thatsache gefunden werden können, dass bisherige Forscher auf dem Gebiete der Osmose das Moment der Strömung ganz unberücksichtigt gelassen haben.

[1] F. Wibel, die Fluss- und Bodenwässer Hamburgs. Hamb. 1876, 4°. p. 61 ff.

Sobald man sich nämlich an die Durchführung der Versuche in weiterem Umfange macht, wird man sehr bald gewahr, dass eine Anordnung wie die im J. 1876 publicirte keine klaren und bestimmten Ergebnisse liefert. Zahllose Versuche mit Gypsröhren, mit Röhren aus Pergamentpapier u. s. w. gaben stets unklare Bilder, je nachdem man die Versuchsbedingungen variirte. Ebenso stellte sich heraus, dass anders eingerichtete nach dem Principe des Dutrochet'schen Endosmometers construirte Apparate gleich ungenügend arbeiteten, so lange sie in ihren Dimensionen bescheiden blieben, und es musste also zuletzt der Entschluss gefasst werden, dieselben in dem grossen Maassstabe auszuführen, wie sie auf den nächsten Seiten beschrieben sind. Damit wachsen aber natürlich andere experimentelle Hemmnisse; so grosse Apparate verbrauchen zunächst enorme Wassermengen für die Strömung z. B. im Maximum meiner Versuche etwa 4—5 Cubikmeter pro Versuch, in deren Besitz man sich nur durch grosse von der städtischen Wasserleitung versehene Reservoirs setzen kann; ebenso erheblich und daher auch finanziell zu berücksichtigen wird der Verbrauch von Salz, so z. B. im Maximum meiner Versuche bis zu 100 Kilogramm Kochsalz pro Versuch.

Die Nothwendigkeit eines grösseren Maassstabes der Apparate ergab sich nach meinen vielfachen Erfahrungen daraus, dass man gegenüber der so ausserordentlich complicirten, von so vielen Factoren abhängigen Erscheinung der Osmose an sich nicht nur in der Lage sein muss, alle diese Factoren so vollkommen zu beherrschen und eben deshalb auch auszuschliessen, dass die reine Wirkung der »Strömung« zu Tage tritt, sondern dass man auch im Stande ist, den Verlauf eines osmotischen Versuches im Einzelnen exact zu verfolgen. Setzt diese letztere Bedingung eben nur die Möglichkeit voraus, in verschiedenen Zeitintervallen Proben zur Erkennung des quantitativen Standes zu entnehmen, so bringt die erstgenannte Bedingung eine Reihe der allermisslichsten dem Experimentator gestellten Aufgaben, deren Aufzählung im Einzelnen später unerlässlich wird. Hier sei nur einer der schwierigsten kurz Erwähnung gethan: es ist die Herstellung eines constanten und auf beiden Diaphragmenseiten gleichen Seitendruckes. Denn wenn eine Wirksamkeit der Strömung im Sinne einer durch sie erzeugten Druckdifferenz als Ursache bestehen sollte, dann ist grade jede andere Ungleichheit des Druckes völlig zu eliminiren, da wir ja sei den frühesten Untersuchungen hinlänglich wissen, dass die Osmose schon dadurch wesentlich beeinflusst wird. Dazu kommt aber noch, dass in neuerer Zeit, so besonders in der jüngst erschienenen interessanten Abhandlung von *C. W. Runeberg*[1], mit Recht die Aufmerksamkeit auf die Filtration durch Membranen bei relativ geringen Ueberdrucken gelenkt worden ist, mithin auch diese mögliche Fehlerquelle bei meinen Versuchen ausgeschlossen werden musste, was eben nur durch Innehaltung gleichen Druckes möglich war. In Folge z. B. dieser Vorschriften konnten wegen der in dem Staats-Laboratorium bestehenden Einrichtungen die Versuche ausschliesslich in den Ferienzeiten und unter Verzicht auf

[1] C. W. Runeberg, über die Filtration von Eiweiss-Lösungen durch thierische Membranen. Arch. f. Heilkde. Leipzig 18. Jahrg. (1877) p. 1 ff.

alle andern die Wasserleitung berührenden Arbeiten vorgenommen werden, da sonst von einem gleichmässigen Drucke und einer gleichmässigen Strömung in dem Apparat niemals hätte die Rede sein können.

Nicht ohne Absicht berühre ich schon in diesen einleitenden Worten die vielen auftauchenden Schwierigkeiten und Mühen, welche mit den nachstehenden Untersuchungen verknüpft sind. Denn wenn ich auch der Hoffnung lebe, sie alle soweit überwunden zu haben, um die Resultate als im Ganzen vorwurfsfrei ansprechen zu können, so möchte ich doch in ihnen die Erklärung dafür bringen, dass und warum meine Untersuchungen immerhin noch viel fragmentarischer sind, als Mancher sie wünschen möchte. Ich selbst werde nicht verfehlen auf diese Lücken aufmerksam zu machen, und mich freuen, wenn dieselben andere günstiger situirte Forscher zur Fortsetzung meiner Arbeiten anregen.

Und nun zum Schlusse noch eine kurze Bemerkung. Wenn im Laufe der Darstellung die Ausdrücke »ruhende«, »strömende Diffusion«, »ruhende«, »strömende Versuche« oder »Versuche ruhend — strömend« gebraucht werden, so wolle man an diesen ebenso unschönen wie unlogischen Bildungen keinen Anstoss nehmen; sie sollen eben Abkürzungen für langathmige Umschreibungen sein, die ebenso unschön und ungleich langweiliger wären. Begegnet man ferner schon in den Ueberschriften einer verschiedenen, bisher nicht gebräuchlichen, Bezeichnung der Diaphragmen als »kryptoporöse« »phanero-, mikro- und makroporöse«, so halte man auch dies nicht für willkührliche Seltsamkeit, sondern beachte die späteren Auseinandersetzungen, in denen gerade eine genauere und naturgemässe Classification der Porosität fester Körper als ein nicht uninteressantes Neben-Ergebniss meiner Untersuchungen dargelegt wird.

I. Experimenteller Theil.

A. Die Apparate und Versuche.

Die Apparate.

1. Der Apparat für strömende Diffusion.

Da sich, wie bereits erwähnt, durch die vielfachen Vorversuche herausgestellt hatte, dass man, um die Gesammterscheinung im Einzelnen und in exakter Weise verfolgen zu können, den Apparat thunlichst gross und für die fortschreitende Prüfung leicht zugänglich construiren müsse, so habe ich die im Nachstehendem angeführten und in den Fig. 1—4 zur Anschauung gebrachten Einrichtungen und Maassverhältnisse als die zweckmässigsten erkannt und deshalb durchweg festgehalten.

Der wichtigste Theil ist zunächst der eigentliche Diffusator F, mit welchem Namen ich das cylindrische, aus einem »Rollglase« hergestellte Glasgefäss belege, dessen untere durch Abschneiden des Bodens und Abschleifen der Ränder erzielte weite Oeffnung durch das diffundirende Diaphragma (Membran oder poröse Platte) f verschlossen wird, während die obere engere Halsöffnung zur Entnahme der Flüssigkeitsproben dient. Damit speciell die Membranen bei dem in gewohnter Weise vorgenommenen Ueberspannen recht dicht schliessen und jeden anderweitigen Durchgang der Flüssigkeiten unmöglich machen, ist die untere Aussenwand des Diffusators etwa 3 Ctm. weit mattgeschliffen, wodurch sich die Membranen dichter anlegen. Die letzteren werden dann mit feinem starkem Zwirn sehr sorgfältig umbunden und zuletzt wiederholt mit Schellackfirniss überstrichen. Die zur Anwendung kommenden porösen Platten werden mit Harzkitt oder mit Siegellack in den Diffusator eingesetzt. Zur Benutzung gelangten im Laufe der Untersuchung fünf solcher Diffusatoren, bezeichnet mit I, II, III, IV, V, deren Höhe annähernd gleich 13 Ctm. war, während der äussere Durchmesser zwischen 5,3—5,5 Ctm. schwankte und der innere wegen der ungleichen, Wandstärke sich in ähnlichen Grenzen bewegte. Da aber gerade von diesem inneren Durchmesser derjenige der diffundirenden Diaphragmen abhängig, somit auch die diffundirende Fläche an den verschiedenen Diffusatoren nicht völlig gleich ist, so erhellt schon aus diesem Umstande, dass für die Folge nur diejenigen Versuchsreihen in aller Strenge mit einander direct vergleichbar sein werden, welche mit einem und demselben Diffusator angestellt wurden. An

dieser Vorbedingung ist denn auch bei allen späteren Betrachtungen und Schlussfolgerungen unabänderlich festgehalten worden.

In einem entsprechenden, weiter unten zu begründenden, Abstande von der Basis des Diffusators F befindet sich ein massiver Messingring aussen aufgekittet, an welchem eine sehr gut gearbeitete Schraube eingeschnitten ist, mittels welcher derselbe in das Strömungs-Gefäss E absolut dicht und stets gleich weit eingeschraubt werden kann. Dieser zweitwichtigste Theil des Apparates hat, einerseits um nicht unnöthig viel strömende Salzlösung zu verbrauchen, andererseits aber auch um nicht den Diffusator F zu eng einzuschliessen und so Störungen in jener zu veranlassen, welche wieder eine gleichmässige und berechenbare Geschwindigkeit derselben längs des Diaphragma beeinträchtigen würden, in seinem 9 Ctm. langen Mittelstück einen thunlichst genauen elliptischen Querschnitt erhalten und zwar im Lichten gemessen von 8 Ctm. grosser und 4,8 Ctm. kleiner Axe. (Siehe Figur 3). An jedem Ende trägt dieses Mittelstück einen aufgelötheten gleichmässig sich verjüngenden Trichter von 9½ Ctm. Länge (resp. Kegelhöhe), der in ein Ansatzrohr von 6 Ctm. Länge und 1 Ctm. lichtem Durchmesser ausläuft. Somit hat das ganze aus kräftigem und gut verzinntem Kupferblech gearbeitete Gefäss E eine Gesammtlänge von 40 Ctm. und in seiner Bauart eine möglichste Gewähr für eine gleichmässige Strombewegung der durch das eine Ansatzrohr eintretenden Flüssigkeit. Auf der einen flachen Seite von E, genau parallel der grossen Axe des Querschnittes, ist ein kreisrunder Ausschnitt in den Mantel gemacht und mit einem aufgelötheten Messingring versehen, in welchen die Schraube an den Diffusatoren dicht einpasst, und zwar ist die Länge derselben und deren Stellung an letzteren so bemessen, dass bei vollständigem Einschrauben die Ebene der unteren Oeffnung aller verschiedenen Diffusatoren genau in die Längsaxe des Gefässes E fällt. Bei horizontaler Lage der grossen, und vertikaler der kleinen Axe des Querschnittes wird also der Diffusator F selbst völlig vertikal stehen und gerade bis in die Mitte von E reichen (Fig. 1 und 3). Um diese Einstellung und zugleich auch die horizontale Erstreckung der ganzen Längsaxe vollständig sicher zu stellen, was für die inneren Druck- und Strömungsverhältnisse, sowie für die richtige Messung des Flüssigkeitniveaus im Diffusator F von grosser Wichtigkeit ist, sind an dem Gefässe E in sorgfältigster Weise zwei Libellen i von 5½ Ctm. Länge in entsprechender Stellung zu einander angebracht (Fig. 2). Behufs Erkenntniss des im Innern und zwar in dem Mittelschnitt der Diaphragma-Ebene factisch herrschenden Druckes geht ferner ein Manometerrohr M in der Längsebene von E, also vertikal, genau bis zur Längsaxe, so dass dasselbe den Druck angiebt, welcher in dem mit dieser Längsaxe zusammenfallenden strömenden Flüssigkeitsfaden herrscht und welcher als jener mittlere Druck im Innern von E überhaupt angesehen werden muss. Die Messung dieses Druckes sowohl, als auch zugleich des Niveaus im Diffusator F gestattet der in halbe Centimeter getheilte Maassstab k mit Zeiger, dessen Nullpunkt ebenfalls in die Längsaxe von E gelegt ist, obschon er natürlich nicht ins Innere reicht (Fig. 1 und 2). Aus dieser Beschreibung ergiebt sich nun ohne Weiteres, dass der für die Bestimmung der mittleren Stromgeschwindigkeit an dem Diaphragma in Betracht kommende in der Medianebene

Fig. 1.
$^3/_{10}$ nat. Grösse.

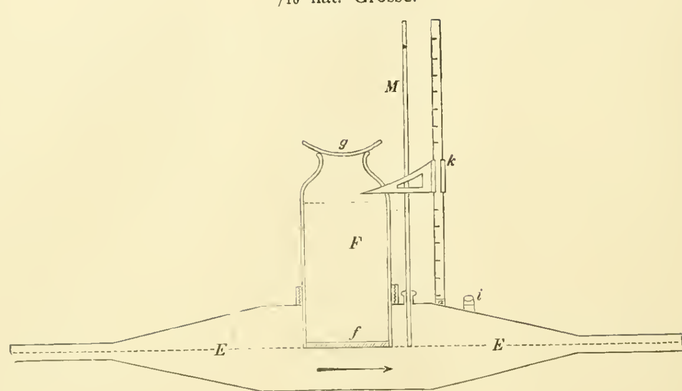


Fig. 2.
$^3/_{10}$ nat. Grösse.

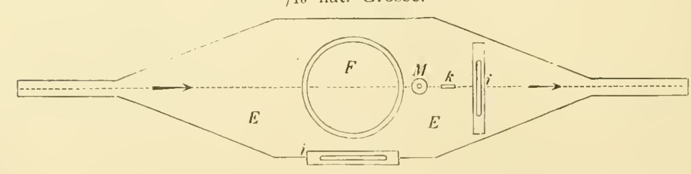
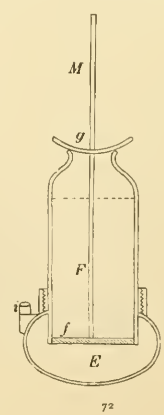


Fig. 3.
$^3/_{10}$ nat. Grösse.



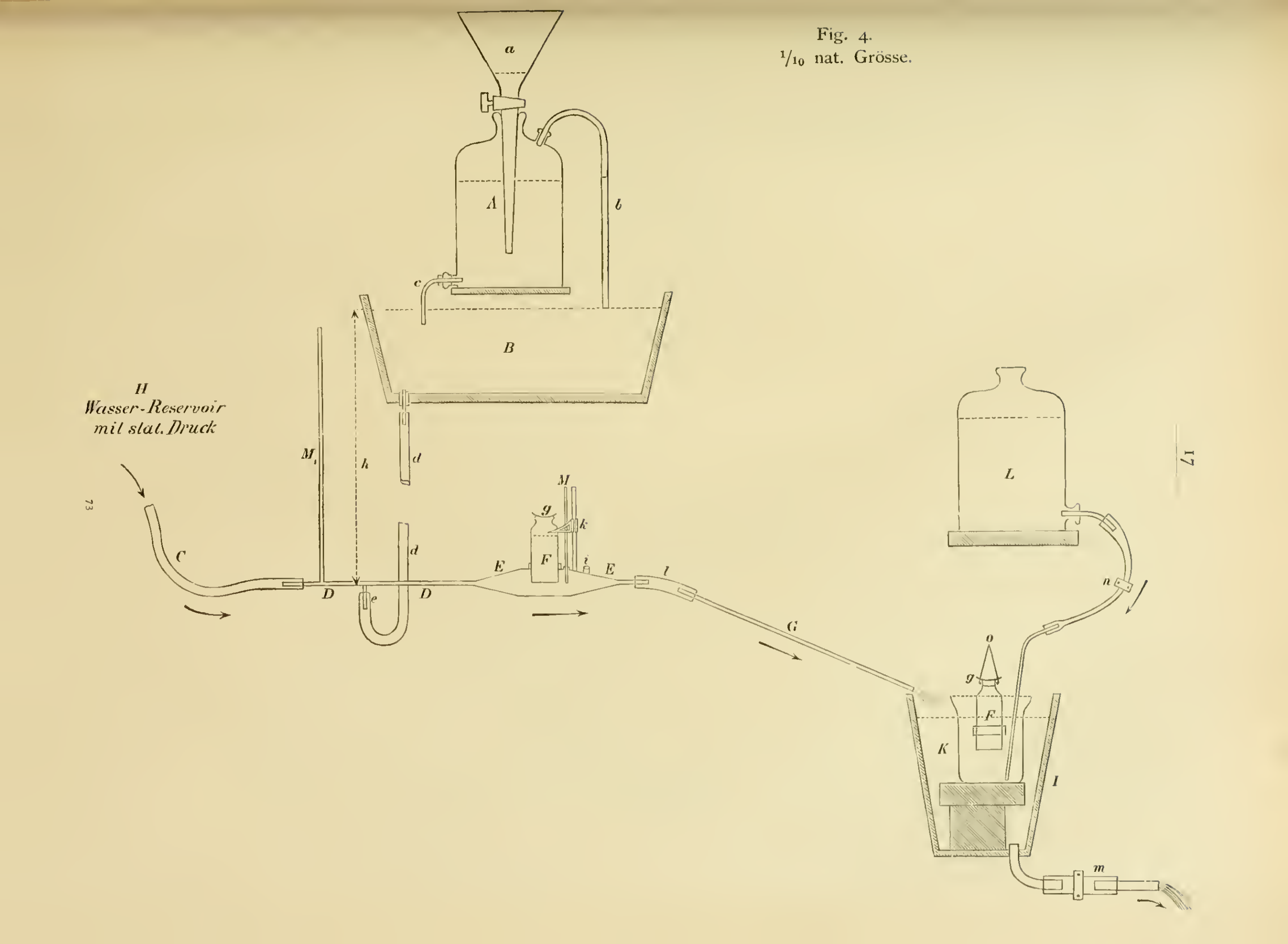


Fig. 4.
$^1/_{10}$ nat. Grösse.

liegende Querschnitt aus der Differenz hervorgeht zwischen dem Gesammtquerschnitt von E und dem Flächenstück, welches sich (Fig. 3) aus dem äusseren Durchmesser des Diffusators F (im Mittel = 5,4 Ctm.), den beiden in das Innere hineinreichenden Seitenstücken von F und dem von letzteren eingeschlossenen elliptischen Bogentheile construirt.

Der Gesammtquerschnitt von E berechnet sich $= a\,b\,\pi = \frac{8}{2} \cdot \frac{4,8}{2} \cdot 3,1416 = 30,16$ □ Ctm., das betreffende Flächenstück nach einfachen mathematischen Regeln = 11,90 □ Ctm., mithin der für die Geschwindigkeits-Berechnung gültige Querschnitt = 18,26 □ Ctm. Dabei soll allerdings nicht verkannt werden, dass dieser berechnete Querschnitt nicht völlig der Wahrheit entsprechen dürfte, weil ja die Diffusatoren etwas abweichende äussere Durchmesser besitzen und weil der wirkliche Querschnitt des Gefässes E sicherlich nicht eine mathematisch-exacte Ellipse darstellt, worauf doch obige Berechnung sich gründet; allein die hieraus entspringenden Fehler werden an sich nur sehr geringfügige sein. Vor Allem muss aber auch hier gleich hervorgehoben werden, dass es für sämmtliche späteren Untersuchungen und Betrachtungen wesentlich nur auf die genaue Bestimmung der *relativen* Geschwindigkeiten ankommt, während diejenige der *absoluten* sich mit annähernd richtigen Werthen begnügen darf.

Um nun mit den bisher beschriebenen Apparaten E und F die beabsichtigten Untersuchungen ausführen zu können, war die Zuleitung einer bewegten (strömenden) Salzlösung von zwar wechselnder, aber für jede Versuchsreihe gleichbleibender und stets in nämlichen Grade wieder herzustellender Concentration und Stromgeschwindigkeit erforderlich. Bezüglich letzterer war deshalb in erster Linie ein Zuflussreservoir mit einem für jede der verschiedenen Versuchsreihen unveränderten statischen Drucke nothwendig. Hiezu diente das in dem zweiten Stock des hiesigen Laboratoriums aufgestellte *Wasserreservoir* H (Fig. 4), welches von der städtischen Wasserkunst mit Elbwasser gespeist wird und mit Schwimmhahn versehen einen unveränderlichen statischen Druck für einen bestimmten Ausflusshahn giebt, solange dieser in gleichem Grade geöffnet wird. So betrug derselbe z. B. in dem Arbeitszimmer des ersten Stockes an demjenigen ganz geöffneten Zapfhahn, welcher *ausnahmslos* bei allen Versuchen zur Anwendung kam, die nicht auf einen stärkeren Druck angewiesen waren, nach direkter Bestimmung mit einem Quecksilbermanometer = 540 Ctm. Wassersäule. Durch Zudrehen dieses Hahnes um eine bestimmte Grösse konnte dieser Wasserdruck d. h. also auch ceteris paribus die Stromgeschwindigkeit entsprechend verringert werden. Wurden jedoch die Versuche im Keller des Laboratoriums, also bei erhöhtem und für denselben Zapfhahn wiederum gleichem statischem Drucke ausgeführt, so war auch eine grössere Stromgeschwindigkeit zu erzielen. Die Zuleitung dieses Wasserstromes von den resp. Zapfhähnen erfolgte stets durch dasselbe *Kautschukrohr* C, welches gut und dicht auf das eine Ansatzrohr des Gefässes E passte. Es sollte ja nun aber nicht bloss ein Strom Wassers, sondern der einer Salzlösung von einer beliebig zu variirenden, indess ihrer Stärke nach stetigen Concentration zugeführt werden, damit die

exosmosirende Wirkung an dem Diaphragma f sich offenbare. Um dies zu erreichen, musste von Vorneherein auf ein blosses Hineinwerfen des betreffenden Salzes in das genannte Wasserreservoir verzichtet werden; denn ganz abgesehen von dem Uebelstande, dann die ganze Wasserzufuhr für die sonstigen Arbeiten des Laboratoriums dadurch verunreinigt zu sehen, war auf diesem Wege eine gleichbleibende Concentration der Lösung am allerwenigsten zu erwarten, weil die gleichmässige Durchmischung eines so grossen Flüssigkeitsquantums an sich schon zur Unmöglichkeit wird, besonders aber wenn behufs Erhaltung des gleichen statischen Druckes stets frisches Wasser durch den Schwimmhahn zulaufen muss. Ich führte deshalb die Herstellung der Salzlösung von bestimmter Concentration auf einem ganz anderen Wege aus, welcher mit viel sichererem Erfolge verknüpft war und dabei die eigentliche Wasserleitung ganz unberührt liess. Es gelang dies durch Zufuhr von Salzlösung zu dem Wasserstrom kurz vor seinem Eintritt in das Gefäss E in nachstehender Weise.

An das eine Ansatzrohr von E wurde ein ca. 30 Ctm. langes, 1 Ctm. im Lichten weites messingenes Zwischenrohr D angeschraubt und seinerseits mit dem Kautschukrohr C verbunden. An D war in einem Abstand = 15 Ctm. von jenem Ansatzrohr, also = 21 Ctm. von dem Trichter des Gefässes E, ein seitliches kurzes Ansatzrohr e von $^1/_2$ Ctm. Weite angelöthet, welches mittels eines entsprechend weiten und langen Kautschukschlauches d mit einem Reservoir B in Verbindung stand. Dieses war mit einer mehr oder minder concentrirten Lösung des Salzes gefüllt und konnte in verschiedene Höhen gestellt werden, so dass die neue Druckhöhe h variabel, aber genau messbar war. Offenbar musste nun die aus B herabfliessende Salzlösung sich dem Wasserstrome in D beimischen und demselben eine von der Concentration in B und der Druckhöhe h abhängige, aber gerade dadurch regulirbare Concentrationsgrösse verleihen. Freilich war mit diesem Verfahren die mögliche Fehlerquelle verknüpft, dass eine hinreichende Durchmischung der durch e zugeführten starken Salzlösung mit dem Wasserstrom bis zum Diaphragma f nicht eintreten könnte und demnach die hier wirksam werdende Exosmose wesentlich und in wechselndem Grade beeinflusst werden würde. Allein zahlreiche Vorversuche mit gefärbten Flüssigkeiten in einem dem Gefässe E nachgebildeten gläsernen Apparate haben mir den Beweis geliefert, dass jene Durchmischung vollständig erreicht wird, wenn man das Ansatzrohr e vertikal nach unten stellt, so dass also der Salzstrom von unten eintritt, weil dann der letztere schräg in die Höhe gerissen und sonach schnell mit dem eigentlichen Wasserstrom vermischt wird. Andernfalls — wenn man diese Bedingungen nicht erfüllt — ziehen sich einzelne Fäden des concentrirten Salzstromes in dem Wasserstrom längs der oberen Fläche des Rohrstückes von D und des Gefässes E, und man hat keine Garantie mehr, dass an dem Diaphragma f ein Strom gleichmässiger Concentration vorbeizieht. Selbstverständlich hat nun weiter die Einschaltung dieses Reservoirs B eine Erhöhung des statischen Gesammtdruckes, unter welchem die Flüssigkeit in E steht, zur Folge, und um für die Beobachtung aller dieser Druckverhältnisse nicht lediglich auf das Manometer M des Gefässes E angewiesen zu sein,

ist an dem Zwischenrohr D jenseits e noch ein zweites Manometer M_1 zur Controlle über den Gang des ganzen Apparates angebracht.

Soll nun ferner diese eben beschriebene Einrichtung des Reservoirs B u. s. w. in geschildertem Sinne richtig functioniren, so ist unerlässlich, dass ceteris paribus die Druckhöhe h für jeden Versuch unveränderlich bleibt. Da aber die Salzlösung ununterbrochen aus B abfliesst, so ist Dies nur zu ermöglichen, falls und solange das Niveau in B unverändert dasselbe ist. Dies könnte durch ein ununterbrochenes Nachfüllen derselben Salzlösung bis zu einer bestimmten Marke bewirkt werden. Allein diesem ebenso lästigen wie immerhin kaum hinreichend sicheren Arbeiten kann in einfacher und zweckmässiger Weise durch die Vorrichtung des Füllgefässes A abgeholfen werden. Dasselbe ruht auf einem das Reservoir B bedeckenden und dadurch zugleich vor Verdunstung schützenden Brette und besteht aus einer grossen Glasflasche, in deren Hals ein grosser, mit Hahn versehener und bis nahe dem Boden von A reichender Glastrichter a luftdicht eingeschliffen ist. An einem zweiten oben befindlichen Tubulus ist eine abwärtsgebogene Glasröhre b angebracht, welche bis auf das beabsichtigte Niveau in B herabreicht, während in den dritten Tubulus am Boden von A ein Knierohr c fest eingekorkt ist, dessen Oeffnung unter dem betreffenden Niveau liegt. Ist nun B und A gefüllt, der Glashahn des letzteren geschlossen und es läuft aus B Salzlösung ab, so wird die untere Oeffnung von b blosgelegt, Luft dringt ein und es fliesst durch c aus A so lange wieder zu Lösung, bis b wieder verschlossen, d. h. das frühere Niveau wieder hergestellt ist. Ich habe diese in grösserem Maassstabe ausführbare Einrichtung viel zweckmässiger gefunden, als alle sonstigen, bekannten Vorbildern nachgeahmten Constructionen. Die Niveauschwankungen — eigentlich nur während des Nachfüllens eintretend — sind sehr unbedeutend und das Nachfüllen in A durch den Trichter a kann in längeren Zwischenräumen geschehen, während welcher man den Apparat im Uebrigen zu beaufsichtigen und zu bedienen vermag.

Wollte man nun mit dem soweit geschilderten Apparate sofort an die Ausführung der Versuche gehen, so würde sich sehr bald herausstellen, dass man auf sehr enge Grenzen der Stromgeschwindigkeit beschränkt bleibt. Denn da an dem Diaphragma f innen und aussen zunächst völlige Druckgleichheit bestehen soll, so könnte der mit Wasser zu füllende Diffusator F von der früher genannten Länge nur einen Innendruck bis zu etwa 13 Ctm. gestatten, welcher unter vorliegenden Verhältnissen nur eine geringe Ausnutzung der statischen Drucke H und h, d. h. also auch nur eine geringe Stromgeschwindigkeit ermöglichen würde. Durch eine sehr einfache Vorrichtung gelingt es, die bei f herrschenden, durch das Manometer M angezeigten Innendrucke in gewissem Sinne ganz unabhängig von den Drucken H und h zu machen, also z. B. unter Festhaltung eines bestimmten Innendruckes M beliebig mit den Druckhöhen H und h oder — was dasselbe sagt — mit den Stromgeschwindigkeiten zu wechseln. Diese Vorrichtung ist das Regulirrohr G, welches mittels des 2—3 Ctm. langen Zwischenschlauches l an das zweite Ansatzrohr von E gefügt ist und demnach beliebig auf- und abwärts bewegt werden kann. Je weiter man dasselbe senkt, desto mehr sinkt auch M, je weniger man es

neigt, desto höher stellt sich M, unbekümmert ob H und h gleich erhalten oder gar erhöht werden, und zwar ist dieser Einfluss des Regulirrohres G ein so empfindlicher, dass man dasselbe vortrefflich umgekehrt zur feineren Normirung des Innendruckes M benutzen kann. Allerdings wird durch diese heberartige Wirkung von G ceteris paribus die Ausflussmenge d. h. Stromgeschwindigkeit vermehrt (beim Senken) oder vermindert (beim Heben), allein dies geschieht in so geringfügigem Grade, dass man es ganz unberücksichtigt lassen kann. Neben der Neigungsgrösse von G, ist aber auch dessen Länge von wesentlicher Bedeutung; für die gewöhnlichen Versuchsreihen im Arbeitszimmer I. Stock genügte eine solche von 50 Ctm.; bei den mit stärksten Drucken resp. Geschwindigkeiten arbeitenden Versuchsreihen im Keller des Laboratoriums musste sie jedoch auf 105 Ctm. erhöht und ziemlich steil abwärts gerichtet werden, um an dem Manometer M den normalen Innendruck = ca. 8 Ctm. zu erzielen. Alles in Allem ist es mir nur durch Anwendung dieses Regulirrohres G möglich geworden, meine Versuche auf so verhältnissmässig weite Grenzen von Stromgeschwindigkeiten auszudehnen, ohne sie mit neuen und complicirten Fehlerquellen zu behaften, und die Durchführung derjenigen Versuchsreihen, (wie XXVIII, XXIX), in welchen während des Versuches das Niveau im Diffusator F erheblich stieg oder sank, hätte geradezu aufgegeben werden müssen oder wäre doch ohne zwingende Beweiskraft geblieben, wenn nicht das Regulirrohr G gestattet hätte, den herrschenden Innendruck M in gleichem Maasse schrittweise zu verändern, so dass der Seitendruck in f trotz Allem beiderseits stets gleich erhalten wurde.

In welchem Umfange der Sicherheit und mit welcher Gleichmässigkeit dieser gesammte Apparat für strömende Diffusion, wie ihn die vorstehende Beschreibung und die linke Seite der Fig. 4 veranschaulicht, sowohl in jeder einzelnen Versuchsreihe, als auch in den verschiedenen Versuchsreihen, sobald nur dieselben Versuchsbedingungen bestanden, gearbeitet hat, mag vorweg unter Hinweis auf die später mitgetheilten einzelnen Versuchstabellen hervorgehoben werden. Man erkennt dort aus den ersten Columnen über Ausflussmenge und Concentration der ausfliessenden Salzlösung, wie gering die betreffenden Schwankungen gewesen sind.

2. Der Apparat für ruhende Diffusion.

Derselbe ist naturgemäss von sehr viel einfacherer Gestaltung, wie auch Fig. 4 (rechte Seite) zeigt. Der Diffusator F, in der unveränderten Form, in welcher er vorher oder nachher zu dem Versuche für strömende Diffusion verwandt wurde, wird an einem Gestellhaken o derartig aufgehängt, dass er bis zu einer bestimmten mit dem Strömungsversuche übereinstimmenden Höhe in ein Cylinderglas K eintaucht. In diesem befindet sich Salzlösung von derselben Concentration wie sie bei dem betr. Strömungsversuch in dem Gefäss E besteht resp. aus dem Regulirrohr G abfliesst. Dieses Glas K steht seinerseits in einem grösseren Eimer I mit dem unteren durch ein Kautschukzwischenrohr und daran befindlichem Schraubenquetschhahn regulirbaren

Ablaufrohr m, um auf diese Weise durch einlaufendes kaltes Wasser den Diffusator sammt äusserer Lösung auf denjenigen Temperaturgrad zu bringen und auf demselben zu erhalten, welche bei dem Strömungsversuch zur Geltung kommt. Da aber bei letzterem überdies die Salzlösung stets die gleiche Concentration besitzt, während sie in dem Cylinder K der fortschreitenden Exosmose entsprechend stets abnehmen und demnach diese Concentrationsdifferenz bei einem Vergleiche der Diffusionsmengen der beiden Versuchsreihen störend einwirken würde, so ist eine weitere Anordnung erforderlich, welche die Lösung in K stets auf der gleichen Concentration erhält. Diese Bedingung erfüllt die Flasche L, welche mit derselben Salzlösung des Strömungsversuches gefüllt ist und am unteren Tubulus einen engen, mit Schraubenquetschhahn versehenen Kautschukschlauch n nebst Glasrohr trägt, aus welch' letzterem vom Boden aus tropfenweise, also ohne irgend wesentliche Bewegung in die Flüssigkeit von K zu bringen, die Erneuerung der Lösung vor sich geht. Dass diese Vorrichtung in völlig genügender Weise gearbeitet hat, ergiebt ein Blick in die unten aufgeführten Versuchstabellen, wo die Columne der Concentration der Salzlösung bei ruhender Diffusion nur sehr geringfügige Schwankungen offenbart.

Die Versuche und ihre Berechnung.

(Vgl. Fig. 4.)

1. Die Versuchsbedingungen.

Die Grenzen, innerhalb welcher man sich bezüglich der für die Versuchsreihen anwendbaren Stromgeschwindigkeiten zu bewegen vermag, hängen bei den einmal gegebenen Dimensionen des im Vorigen beschriebenen Diffusionsapparates allein von den zur Verfügung stehenden statischen Wasserdrucken und den Höhendimensionen der Räume ab, in denen man die Arbeiten vornehmen muss, weil dadurch die Höhenstellung des Reservoirs B und die Länge wie Neigung des Regulirrohres G beschränkt werden. Wenngleich mir nun in dem hiesigen Staats-Laboratorium neben dem früher (S. 18) erwähnten Wasserreservoirdruck auch der direkte Druck der städtischen Leitung bis zu einem Maximum von etwa 26—27 Meter Wassersäule dargeboten war, so konnte doch letzterer schon deshalb nur in geringem Umfange ausgebeutet werden, weil die Raumhöhen hinderten, das Reservoir B hoch genug zu stellen, damit alsdann noch ein hinreichendes Quantum der Salzlösung in das Zwischenrohr D gelange d. h. eine entsprechende Concentration der Lösung in E erzielt werde. In derselben Weise zwang auch der sonst naheliegende Wunsch, mit einem stets gleichen Innendruck in E zu arbeiten (s. oben S. 12), bei der räumlich begrenzten Länge und Neigung des Regulirrohres G, zu einer erheblichen Beschränkung in der Wahl der Geschwindigkeiten. Da — einzelne beabsichtigte Ausnahmefälle abgerechnet — für jenen Innendruck ein solcher = 8,5 Ctm. am Manometer M als der zweckmässigste sich erwies, so

ergab sich nach vielen Vorversuchen aus der wechselweisen Berücksichtigung aller dieser Verhältnisse, dass man am besten an die Festhaltung dreier verschiedener Stromgeschwindigkeiten sich binde. Die letzteren wurden direkt durch Bestimmung der Ausflussmengen an G per Secunde eruirt und fortgesetzt controllirt, aus denen ja dann mittels des früher (S. 18) gefundenen Werthes für den in Betracht zu ziehenden Querschnitt = 18,26 □ Ctm. die mittleren Geschwindigkeiten selbst leicht zu berechnen waren.

Es ist nun bei allen Versuchsreihen mit folgenden drei absoluten Geschwindigkeiten:

kleinste Geschwindigkeit b = 3,83 Ctm. pr. 1 Sec.
mittlere „ c = 7,67 „ „ „
grösste „ d = 9,58 „ „ „

gearbeitet worden, die in dem einfachen Verhältnisse 1 : 2 : 2,5 stehen.

Hinsichtlich des für die Versuche zu benutzenden Salzes habe ich mich aus vielen Gründen für die Wahl des Kochsalzes (NaCl) entschieden und dasselbe ausschliesslich verwendet. Schon im Hinblick auf den Kostenpunkt konnte bei den grossen Mengen, welche für die Durchführung der Versuche erforderlich sind, kaum ein anderer Stoff in Betracht kommen. Dazu aber tritt noch die Berücksichtigung, dass andere Salze mit dem unvermeidlich zur Anwendung zu bringenden Elbwasser der städtischen Leitung mancherlei Umsetzungen erlitten haben würden, welche vielfach störend eingewirkt hätten, sowie der Umstand, dass die analytische Bestimmung einerseits der Concentration der Lösungen, andererseits der Diffusionsmengen durch blosse Titration des Chlors die denkbar einfachste und genaueste wurde.

Die Concentration der für die Osmose benutzten, d. h. in E strömenden oder in K ruhenden Kochsalz-Lösung hat man nun ebenfalls nicht mehr ganz in seiner Gewalt, da bei einem gegebenen Innendrucke und einer bestimmten Geschwindigkeit der Zutritt von Salz aus dem Reservoir B sowohl durch die begrenzte Sättigungscapacität als auch durch die begrenzte Höhenstellung desselben limitirt wird. Es hat sich alsbald herausgestellt, dass nur relativ schwache Lösungen zur Verwendung gelangen konnten; allein Dies ist nicht nur kein Nachtheil, sondern vielmehr, wie Jeder, der sich mit Diffusionsversuchen beschäftigt hat, sogar ein Vortheil, sowohl für die Zuverlässigkeit und Richtigkeit der Versuche als auch für die Verwerthung ihrer Ergebnisse nach physiologischer wie technischer Richtung. Die von mir als Norm festgehaltenen Concentrationen waren:

Schwächste Concentration = 0,85 % NaCl
Mittlere „ = 1,30 % „
Stärkste „ = 2,50 % „

also annähernd in dem Verhältnisse 1 : 1,5 : 3 stehende, und zwar wurde deren Grösse an Proben aus der Ablaufflüssigkeit des Regulirrohres G nach obgenannter Methode bestimmt und im Laufe einer jeden Versuchsreihe wiederholt controllirt.

Um diese Concentrationen unter den verschiedenen vorerwähnten Versuchsbedingungen überhaupt erreichen und bei Wiederholungen je nach Wunsch herstellen

zu können, war selbstverständlich erforderlich, die Druckhöhe h und die Stärke der in B einzufüllenden Kochsalz-Lösung zu variiren, aber in ihren absoluten Werthen für jeden Einzelfall festzusetzen. Auch Dies ist durch zahlreiche Vorversuche geschehen.

Aus dem Zusammenwirken aller dieser Factoren ergiebt sich erst die Herrschaft über und der genaue Einblick in die jedesmaligen Verhältnisse, unter denen eine Versuchsreihe eingeleitet und durchgeführt werden konnte. Bei der Wichtigkeit, welche diesem Momente für eine Beurtheilung oder Wiederholung meiner Versuche von anderer Seite zuerkannt werden muss, sei es gestattet jene Werthe in übersichtlicher Form zusammenzustellen:

Für einen gleichbleibenden Innendruck von $8^1/_2$—9 Ctm. am Manometer M entsprachen einander

im Arbeitsraume	Ausfluss-Menge pr. Secunde	Absolute Strom-Geschwind. pr. Secunde	Concentration der ausfliessenden NaCl-Lösung	Concentration der Lösung in B nach Graden Beaumé	Druckhöhe h	Länge des Rohres G
1) Zimmer I. Stock, Zapfhahn halb geöffnet	70 CC.	3,83 Ctm.	2,50 %	16° B.	42,5 Ctm	50 Ctm.
2) Zimmer I. Stock, Zapfhahn ganz geöffnet . . . . . (Statischer Druck = 540 Ctm. Wasser.)	140 „	7,67 „	0,85 „	? *)	42,5 „	50 „
3) „ „	140 „	7,67 „	1,30 „	20° B.	42,5 „	50 „
4) „ „	140 „	7,67 „	2,50 „	24° B.	72,5 „	50 „
5) Keller. Direkter Wasserdruck bei theilweise geöffnetem Hahn. . .	175 „	9,58 „	2,50 „	22° B.	112 „	105 „

Durchgeht man die einzelnen Versuchstabellen, wie sie später mitgetheilt werden, so erkennt man, dass die Abweichungen von diesen Normalwerthen selbst in den Extremen nur geringfugig gewesen sind. Es bewegten sich nach den direkten Bestimmungen

die kleinste Ausflussmenge in den Grenzen 69,5— 70 CC.
„ mittlere „ „ „ „ 130—147 „
„ grösste „ „ „ „ 172—178 „
die schwächste Concentration „ „ „ 0,82—0,98 %
die mittlere „ „ „ „ 1,15—1,35 „
die stärkste „ „ „ „ 2,40—2,75 „

Die Sicherheit und Zuverlässigkeit, mit welcher die gewählten Combinationen arbeiteten, wird dadurch auf das Beste erwiesen. Innerhalb einer jeden einzelnen Ver-

*) In diesen, zu Anfang ausgeführten Versuchen war die Salzlösung durch Lösen von 100 Pfd. Kochsalz in 300 Pfd. Elbwasser bereitet, nicht aber nach Graden Beaumé gemessen worden. Eine nachträgliche Rückberechnung ist unzulässig, weil das käufliche Salz sehr feucht und unrein war.

suchsreihe sind aber jene Schwankungen noch viel unbedeutender, so dass an der Conftanz der Versuchsbedingungen bezüglich Stromgeschwindigkeit und Concentration der Lösung nicht gezweifelt werden kann.

Von nicht geringerer allgemeiner Bedeutung ist ferner die Fixirung und Messung des Innendruckes im Gefäss E. Aus früher (S. 12, 22) genannten Gründen war ich bestrebt, denselben annähernd gleich für alle Versuchsreihen, absolut gleich für jede einzelne derselben festzuhalten. Für seine Messung war das Manometer M nebst Maassstab k bestimmt. Da jedoch die Angaben des letzteren schon wegen der Capillarität des Manometerrohres nicht dem wahren auf die untere Oeffnung des Diffusators F resp. auf das Diaphragma f wirksamen Druck entsprechen konnten, und da überdies die Möglichkeit sonstiger Druckstörungen durch die Bewegung der Flüssigkeiten vorlag, so wurde auch hier eine direkte Normirung nothwendig. Ein unten offener Diffusator F wurde in E eingeschraubt, der Gesammtapparat in Thätigkeit gesetzt, und nun, indem mittels des Regulirrohrs G alle möglichen Höhenstände in F hervorgerufen waren, die entsprechenden Stände am Manometer M, anfanglich mit besonderen Marken, später (nach Anbringung des Maassstabes) in Centimetern bezeichnet resp. notirt. Es ergab sich, dass für die gewählte mittlere Niveauhöhe im Diffusator = 8—8,5 Ctm., das Manometer stets um 0,5 Ctm. höher, also auf 8,5—9 Ctm., bei grösseren Niveauhöhen um Etwas mehr, bei kleineren um Etwas weniger zeigte. Auf diese Correction muss also immer und in aller Strenge geachtet werden, wenn man die Gewähr haben will, das Diaphragma f unter einem beiderseits gleichen und constanten Seitendruck zu wissen. In den eigentlichen Diffusionsversuchen ist nun freilich die Flüssigkeit in M nicht mehr reines Wasser, sondern eine Salzlösung, allein bei deren geringer Concentration von im Maximum 2,5 % kann von einer messbaren Beeinflussung jener Druckhöhen nicht die Rede sein. Andererseits darf aber an dieser Stelle nicht verschwiegen werden, dass nun trotz aller beobachteten Cautelen in der Einrichtung und Handhabung des Apparates bei der Ausfuhrung der Versuche selbst ein unausgesetztes Schwanken der Flüssigkeit in M gar nicht zu vermeiden ist. Die geringsten Störungen am Schwimmhahn des grossen Wasserreservoirs, die unbedeutendsten vorübergehenden Verschleimungen irgend eines Röhrentheiles der Leitung oder des Zapfhahns, das gelegentliche Oeffnen irgend eines anderen Wasserhahnes im Laboratorium — bewirken in empfindlichster Weise dieses Auf- und Niedersteigen des Niveaus, so dass eine sichere Feststellung des Manometerstandes d. h. also des Innendruckes nur gelingt, wenn man aus allen diesen Elongationen das Mittel wählt. Experimentell erreicht man dies leicht durch die Beobachtung des Spieles an dem durchbrochen gearbeiteten Zeiger von k, den man so stellt, dass die untere Kante das Mittel jener Schwankungen angibt. Um aber keine jener Störungsursachen irgendwie dauernd wirken und so die Versuchsbedingungen sich ändern zu lassen, ist eine andauernde sorgfältige Beobachtung dieses Manometers während der ganzen Versuchsdauer unerlässliche Vorschrift, damit die eintretende Unregelmässigkeit, sofern sie geringfügig ist, durch das Regulirrohr G ausgeglichen, oder aber, sobald sie von einschneidenderer Wirkung und Dauer ist, der Versuch sofort sistirt werden kann. Nur auf diesem Wege

ist die Erlangung brauchbarer Versuchsresultate möglich, aber auch, wie die zahlreichen Experimentalbelege zur Genüge aufweisen, vollkommen gewährleistet; denn die geringen unvermeidlichen ± Druckschwankungen an dem Diaphragma f heben sich in ihrem Gesammteffect auf.

Bezüglich der bei den Versuchen anwendbaren und einzuhaltenden Temperaturen ist man in Folge der Construction des Apparates auf die Temperatur des Leitungswassers als maassgebend angewiesen, mit anderen Worten also an die Jahreszeiten und Witterungsverhältnisse gebunden. Will man demnach bei thunlichst verschiedenen Wärmegraden arbeiten, so muss man die Untersuchungen auf alle Jahreszeiten vertheilen, und Dies ist auch meinerseits soweit möglich geschehen. Um jedoch während derselben Versuchsreihe die constant gleiche Temperatur zu haben, und da es zweifellos das Zweckmässigste ist, die für die ruhende Diffusion ebenso nothwendige Constanz der Temperatur durch den steten Zulauf des Leitungswassers zu erreichen, so wird man den Grundsatz strenge zu befolgen haben, die zusammengehörigen Experimente für ruhende und strömende Diffusion in thunlichst kurzer Aufeinanderfolge auszuführen. Der natürliche Wärmegrad der Fluss-Wässer ändert sich oft binnen wenigen Tagen sehr erheblich und stellt sich, wenn uberhaupt, doch vielleicht erst nach Wochen wieder auf den früheren zur Fortsetzung des Versuches erforderlichen Stand. In unmittelbarer Nachwirkung dieser Thatsachen gestaltet sich nun die Ausführung der Versuchsreihen naturgemäss am besten in der durch Fig. 4 veranschaulichten und von mir fast ausnahmslos befolgten Gesammtanordnung. Man nimmt zwei Versuchsreihen z. B. mit Diffusator I und II in Angriff, beobachtet den ersten Tag Diff. I strömend, Diff. II ruhend, indem man das Ablaufwasser aus G von der Temperatur t^0 zum Kühlen des Diff. II benutzt, und in derselben Weise am darauffolgenden Tage umgekehrt Diff. I ruhend und Diff. II strömend, so dass man vier Versuchsreihen bei ganz oder annahernd gleicher Temperatur gewonnen hat.

Die Messung der Versuchstemperatur geschah bei strömender Diffusion in dem Ablaufwasser aus G, bei ruhender Diffusion im Cylinderglas K, und ergab sich bei letzterer in Folge der Erwärmung durch die Zimmertemperatur im Allgemeinen natürlich etwas höher. Allein dieser wie andere untergeordnete störende Einflüsse bleiben nach vielfacher eigener Erfahrung für das Endergebniss der Versuche bedeutungslos, solange es sich nur um Differenzen von 1—2 Centesimalgraden handelt.

Als weiterer für die Vorbereitung der Versuche wichtiger Punkt bleibt jetzt noch die Art und die Zurichtung der Diaphragmen zur Besprechung zu bringen, und ist derselbe in gewissem Sinne als der wichtigste zu bezeichnen, weil mit ihm die hervortretendste Beeinflussung der Diffusionserscheinungen verknüpft ist.

Ausser mehreren anderen gelegentlich verwendeten Stoffen habe ich für die auf diesen Blättern niedergelegten Fundamental-Versuche benutzt:

Pergamentpapier mit Eiweiss-Ueberzug und Schweinsblase
als Vertreter der vegetabilischen und animalischen Membranen,

Gebrannten Thon und Bimstein
als Vertreter poröser unorganischer Substanzen. Und indem ich wegen des Details

dieser Diaphragmen-Auswahl und Herstellung theils auf früher (S. 14) Gesagtes, theils auf die späteren speciellen Abschnitte verweise, muss ich an dieser Stelle die Nothwendigkeit betonen, *die specifische Natur der Membranen und Diaphragmen im allerengsten Sinne* zu fassen, sofern man brauchbare zusammengehörige Versuchsergebnisse erhalten will. So wenig eine Bimsteinplatte der anderen, übrigens gleich dicken, für die Diffusion gleichwerthig wirken wird, wenn man sie nicht von demselben Bimsteinstücke abgeschlagen hat, weil der Grad ihrer Porosität ersichtlich verschieden sein muss, ebensowenig, ja noch weniger ist ein Stück Schweinsblase, ein Stück Pergamentpapier dem anderen gleich zu achten, mögen sie auch von unmittelbar neben einander gelegenen Partieen entnommen sein. Noch weniger, weil an letzteren, von den möglicherweise verschiedenen Dicken ganz abgesehen, Umänderungen durch die Zeit (Austrocknen) und alle möglichen Agentien hervorgerufen werden, welche ein und dasselbe Stück im Hinblicke auf die Diffusionswirkung zu einer ganz neuen Membran machen. Versuche, die mit einem einmal mit Eiweiss bestrichenen Pergamentpapier angestellt wurden, dürften nicht mehr direkt mit denen verglichen werden, bei denen dasselbe, aber zweimal bestrichene Pergamentpapier zur Anwendung kam, und das Gleiche würde der Fall sein mit einer und derselben Schweinsblasenmembran, sobald eine längere Zwischenzeit zwischen den Versuchen verflossen wäre. Es wurde demgemäss ein für allemal als oberster Grundsatz festgehalten, *dass die zusammengehörigen Versuchsreihen für ruhende und strömende Diffusion stets mit denselben Membranen und Diaphragmen von absolut gleicher Zustandsform ausgeführt und auch nur deren Ergebnisse zu einem direkten Vergleiche benutzt wurden.*

Freilich möchte hier sogleich die Zweifelfrage sich erheben, ob denn diese vermeintlich eingehaltene Vorbedingung wirklich erfüllbar war. Es sei doch denkbar, dass eine Membran resp. Diaphragma, welche einmal zur ruhenden oder strömenden Diffusion gedient habe, schon dadurch in ihrem Molekularzustande alterirt, also de facto eine andere geworden wäre. Ganz besonders wäre dieser Einwand anzuerkennen für die strömende Diffusion, weil hier die langdauernde Einwirkung der bewegten Flüssigkeiten sehr wohl oberflächliche, aber auch tiefergehende Umgestaltungen der Structur erzeugt haben könnte. Wurden doch z. B. Gypsplatten, welche ich als Diaphragmen zu verwenden versuchte, durch einen mehrstündigen Versuch bei mittlerer Geschwindigkeit in deutlich sichtbarem Grade afficirt, so dass ich auf ihre weitere Verwendung verzichten musste. Bei dem allein möglichen Modus der Versuchsausführung (s. oben S. 26) für die zusammengehörigen Versuchsreihen war auf direktem experimentellem Wege dieser Einwand allerdings nicht zu beseitigen, allein ich habe das Endresultat der verschiedenen Untersuchungen dennoch wie ich glaube vollständig von demselben befreit, indem ich *in der einen Versuchsreihe zuerst die ruhende, dann die strömende Diffusion, in der anderen zuerst die strömende, dann die ruhende* beobachtete. Hierdurch musste sich ergeben, ob die hervortretenden neuen Erscheinungen etwa durch eine solche mögliche, im Versuche selbst bewirkte Umänderung der Molekular-Structur bedingt, oder ob sie ganz

unabhängig davon seien. Vorweg sei bemerkt, dass sich das Letztere als unanfechtbare Thatsache, wenigstens für die Qualität der Erscheinungen, ergab.

Von gleich grossem Einflusse auf die Diffusionswirkung, namentlich in quantitativer Richtung, ist ferner die Grösse der diffundirenden Fläche, und es wäre zweifellos das Erspriesslichste gewesen, hierfür immer eine und dieselbe Grösse zu wählen. Aus experimentellen Gründen war dies nicht ausführbar. Es musste, um nicht allzuviel Zeit und Arbeit aufzuwenden, mit verschiedenen Glasgefässen (Diffusatoren) gearbeitet werden, und da diese sowohl in ihrem äussern wie ihrem innern Durchmesser etwas verschieden waren (S. 14), da ferner bei den porösen Diaphragmen überdies die kittende Zwischensubstanz (S. 14) den Flächeninhalt verringerte, so war auf die Erfüllung jenes Wunsches von Vorneherein zu verzichten, dagegen mit um so grösserer Strenge an dem weiteren Grundsatz festzuhalten, dass für die zusammengehörigen Versuchsreihen nur dieselben Diffusatoren respect. Diaphragmen von gleichem Durchmesser zur Verwendung und zum Vergleiche kamen. Allerdings würde es ja möglich erscheinen, durch Berechnung auf die Flächeneinheit jenem Uebelstande abzuhelfen; allein ich habe dieselbe nicht ausgeführt in der Ueberzeugung, damit doch nur eine ganz problematische Richtigkeit zu erzielen und eventuell neue Fehlerquellen einzuführen. Denn es ist klar, dass für die gerade besonders interessanten pflanzlichen oder thierischen Membranen der innere Querschnitt des Diffusators keineswegs mit Sicherheit dem Inhalte der wirklich bei der Diffusion wirksam werdenden Membranfläche entspricht. Jede noch so gut und gleichmässig aufgespannte Membran zeigt bei ihrer späteren Benetzung im Versuche eine Faltelung durch Imbibition etc., welche ihrem Grade nach ganz unbestimmbar und unvergleichbar bleibt, weil sie von der Natur des Membranstückes, von der Operation des Aufspannens etc. abhängt, welche aber jedenfalls die eigentlich diffundirende Fläche in ihrer Grösse nicht unerheblich und zwar für jeden neu hergerichteten Apparat verschieden alterirt. Unter solchen nicht controllirbaren Verhältnissen will es mir unstatthaft erscheinen, den Grad dieser Faltelung als stets gleich anzusehen und deshalb aus dem Diffusator-Querschnitt auf die Flächeneinheit der diffundirenden Membran zurückzurechnen.

Was nun die in meinen Versuchen zur Anwendung gelangten Grössen der diffundirenden Flächen selbst betrifft, so stelle ich dieselben hier übersichtlich zusammen. Es besassen

	einen inneren Durchmesser von	resp. einen Flächeninhalt
Diffusator I	4,75 Ctm.	17,7 □Ctm.
» II	4,80 »	18,1 »
» III	4,80 »	18,1 »
» IV	4,75 »	17,7 »
» V	4,80 »	18,1 »

wobei der Flächeninhalt nach Obigem nur annäherungsweise dem der diffundirenden Membran gleich ist; ferner

	einen inneren Durchmesser von	resp. einen Flächeninhalt
Dünne Thonplatte Diff. III	4,50 Ctm. . . .	15,9 □Ctm.
Dicke Thonplatte » IV	3,70 » . . .	10,7 »
Dünne Bimsteinplatte Diff. V	4,50 » . . .	15,9 »
Dicke Bimsteinplatte » I	4,30 » . . .	14,5 »

Nicht nur für die absoluten Diffusionsmengen, sondern auch für den relativen Gang der Erscheinung ist weiter nach längst bekannten Beobachtungen die sogenannte „Imbibition" der Membranen und Diaphragmen von grösster Bedeutung. Eine und dieselbe Membran liefert andere Zahlenwerthe und abweichende Bilder des Diffusionsvorganges, je nachdem sie nicht oder in verschiedenem Grade imbibirt ist. Es musste deshalb auch für meine Versuche dieser störende Factor thunlichst unwirksam gemacht werden und ich habe dies dadurch zu erreichen gesucht, dass ich alle Membranen und Diaphragmen vor ihrer Anwendung in gleicher Weise sich imbibiren liess. Zu dem Ende wurden die fertig gestellten Diffusatoren F nebst f ca. 20 Stunden oder mehr vor jedem Versuche mit destillirtem Wasser gefüllt und in einem ebenfalls mit Wasser versehenen Cylinderglase bis zu gleicher Niveauhöhe aufgehängt. Streng genommen entspricht dies freilich nicht der wahren Imbibition, weil hiezu die Verwendung der Salzlösung von der betr. Concentration des späteren Versuches erforderlich gewesen, allein bei den durchweg niedrigen Concentrationsgraden habe ich umsomehr geglaubt, von einer weitergehenden Berücksichtigung dieses Factors absehen zu dürfen, als hiemit viele Arbeit und auch leicht neue Fehlerquellen für die quantitative Bestimmung der NaCl-Mengen sich verknüpft hätten. Dazu kam noch, dass sich mit dieser vorbereitenden Behandlung unmittelbar die Auslaugung der schon einmal benutzten Membranen und Diaphragmen vortrefflich verbinden liess, die allerdings unter genannten Verhältnissen von doppelter Wichtigkeit war, um sie stets in den früheren gleichen, d. h. wesentlich nur mit Wasser imbibirten Zustand zu bringen. Das Wasser im Diffusator und Gefäss wurde nämlich so lange erneuert und ersterer nicht eher in Gebrauch genommen, als bis eine Probe mit Silbernitrat die völlige Abwesenheit von Chlor ergab.

Zu den Versuchsbedingungen von einschneidender Wichtigkeit für die richtige Beurtheilung der Versuchsergebnisse gehört ferner die Concentrations-Differenz. Bei den osmotischen Untersuchungen mit ruhenden Flüssigkeiten, wie sie in der Regel ausgeführt werden, pflegt man die Concentrations-Differenz mit in den Gesammteffect aufzunehmen, denn dort wird auf der einen Seite die Concentration in demselben Maasse abnehmen, wie sie auf der andern Seite der Membran zunimmt, und hat sie auf beiden Seiten die gleiche Grösse erreicht, so ist die Osmose abgeschlossen. In solchem Falle wird also z. B. der Verlauf der Exosmose sich so darstellen, dass die in gleichen Zeitintervallen exosmosirten Salzmengen bei zunehmender Zeit mit stetig kleiner werdenden Incrementen wachsen und endlich constant bleiben. Sobald aber, wie in meinen Untersuchungen, eine strömende Bewegung der Salzlösung auf der einen Membranseite eingeführt wird, ändert sich das Verhältniss vollkommen; denn nunmehr

wird die Concentration auf dieser Seite unverändert die gleiche bleiben, während sie nur auf der andern Seite wächst und dadurch die Differenz vermindert. Um also zunächst wenigstens für die ruhenden und strömenden Versuche derselben Beobachtungsreihe die gleichen Bedingungen herzustellen, ohne welche eine zulässige Vergleichung nicht denkbar ist, wird es unabweisbar, auch für die ruhende Osmose diese Unveränderlichkeit der Concentration auf derselben Membranseite zu sichern und dies ist durch die schon früher (S. 22) beschriebene Anordnung meiner Versuche geschehen.

Allein es wird doch auch der Wunsch rege, die verschiedenen Versuchsreihen unter einander vergleichbar zu machen. Dies würde, soweit es sich um Elimination des in Frage stehenden Factors der Concentrations-Differenz handelt, nur möglich werden, wenn man dieselbe in allen Fällen constant d. h. auf der Höhe der einseitig zur Anwendung kommenden Concentration erhielte. Würde also z. B. mit einer strömenden Salzlösung von 2,5% gearbeitet, so müsste die auf der anderen Membranseite befindliche Flüssigkeit stetig erneuert werden; alsdann hätte man für die ganze Versuchsdauer und für alle demgemäss ausgeführten Versuche die gleiche Concentrationsdifferenz von 2,5. Es würde dies zweifellos die Diffusions-Erscheinungen in sehr viel reinerer Gestalt hervortreten lassen. Allein trotz vieler Bemühungen ist es mir nicht gelungen, die für eine derartige Versuchsanordnung zu treffenden experimentellen Einrichtungen in derjenigen Vollkommenheit ausfindig zu machen, welche für die Brauchbarkeit der Resultate gefordert werden muss.

Um aber doch annähernd jenem Wunsche Rechnung zu tragen, habe ich die Zeitdauer meiner Versuche so eingeschränkt, dass der Ausgleich in der Concentration der beiderseitigen Flüssigkeiten in nur sehr bescheidenem Grade sich vollzogen hatte. Wählen wir an der Hand der später mitgetheilten Versuchstabellen die Versuche aus, bei deren Abschluss die grössten Mengen Salz exosmosirt waren, berechnen die Concentration der betreffenden (äusseren) Flüssigkeit und vergleichen damit die in Anwendung gebrachte Concentration der anderen (inneren) Lösung, so erhalten wir folgende Resultate. Es zeigte bei

Vers.-Reihe	mit einer Concentration der inneren Lösung von	die äussere Lösung nach	eine Concentration von
XVc.	0,85 %	11 Stdn.	0,077 %
IXc.	1,30 %	6 Stdn.	0,084 %
XIIIc.	2,50 %	6 Stdn.	0,256 %

Es betrug also im Maximum die Concentration der äusseren (osmosirten) Lösung nur 1/10 derjenigen der inneren (osmosirenden); in den weitaus meisten Fällen war sie noch weit geringer, also noch viel weiter von dem „Ausgleiche“ entfernt.

Alle meine Versuche und alle aus denselben gezogenen Schlussfolgerungen sind demnach unter dem Gesichtspunkte einer bis zu diesem Grade annähernd erreichten Constanz der Concentrations-Differenz zu beurtheilen. Dieser sehr wichtigen Thatsache bitte ich sich stets zu erinnern, will man die von mir in kurz formulirten Sätzen ausgesprochenen Gesetze richtig verstehen.

Als letztes für die Erzielung richtiger Versuchsergebnisse wesentliches und ja schon eben berührtes Moment ist jetzt noch die Zeitdauer der Versuche zu erwähnen. Kaum nöthig erscheint dabei die Bemerkung, dass selbstverstandlich nur die ceteris paribus in gleichen Zeiträumen hervortretenden Diffusions-Erscheinungen und Zahlenwerthe verglichen werden können und in Vergleich gestellt sind. Musste es ferner einerseits im Hinblick auf die Fehlerquellen, welche aus der nur mangelhaft berücksichtigten Imbibition als mögliche hervorgehen, wünschenswerth sein, die Versuche selbst möglichst lange dauern zu lassen, um so den Einfluss jener Anfangserscheinung thunlichst abzustumpfen, so war andererseits durch die Rücksichtnahme auf die eben besprochene Concentrationsdifferenz ebensosehr eine bestimmte Beschränkung in der Zeitdauer gefordert. Eine solche ergab sich übrigens auch schon aus den ganz praktischen Gründen des Kostenpunktes, weil der Verbrauch an Kochsalz sonst ein allzugrosser wurde. Es berechnet sich z. B. leicht, dass eine einzige Versuchsreihe mit der mittleren Geschwindigkeit (= ca. 8 Ctm.) resp. mit einer Ausflussmenge von 140 CC pr. Sec. und mit der stärksten Concentration (2,5 % des Ablaufwassers) bei sechsstündiger Dauer nicht weniger als 75 Kilogrm. reinstes, also noch erheblich mehr des käuflichen Kochsalzes verlangt. Bei grösseren Geschwindigkeiten aber steigt natürlich dieser Verbrauch noch um ein Erkleckliches. Unter diesen Umständen habe ich geglaubt, mich bei der überwiegenden Zahl der Untersuchungen mit einer Versuchsdauer von 6 Stunden begnügen zu können, welche bei den Arbeiten mit der grössten Geschwindigkeit (ca. 10 Ctm.) auf 4 Stunden verringert, in anderen durch besondere Zwecke veranlassten Fällen dagegen auf 11 Stunden erhöht worden ist.

2. Die Ausführung der Versuche.

Nachdem im Vorstehenden die Vorbedingungen für die Versuche klar dargelegt sind, wenden wir uns jetzt zur Schilderung, wie eine gesammte Combination zweier Versuchsreihen vollständig durchgeführt wird, und um nicht mit weitläufigen allgemeinen Wendungen aufgehalten zu werden, geben wir dieselbe an der Hand einer wirklich vollendeten Untersuchung und unter Verweis auf die früheren Detailangaben.

Es seien der 3. und 4. Dec. 1880 als Versuchstage in Aussicht genommen und zwar soll die Diffusion an zwei Pergamentpapier-Membranen in den Diffusatoren I und II bei schwächster Concentration der NaCl-Lösung ruhend und strömend bei der mittleren Geschwindigkeit (Ausflussmenge 140 CC. im Mittel) dergestalt studirt werden, dass am 3. Dec. Diff. I ruhend, Diff. II strömend, am 4. Dec. Diff. I strömend, Diff. II ruhend zur Prüfung gelangt.

Nachdem der Gesammtapparat jenen Vorbedingungen gemäss aufgebaut, speciell das Gefäss E horizontal gerichtet, die unveränderte Leistungsfähigkeit der Wasserleitung festgestellt, die für das Reservoir B nach S. 24 erforderliche Salzlösung in

genügender Menge[1] bereitet und mit derselben nach vorgängiger Durchseihung durch ein grösseres Haarsieb[2] das Reservoir B, sowie das Füllgefäss A gefüllt waren, nachdem ferner die beiden Membranen entsprechend lange (etwa 20 Stund.) vorher mit reinem Wasser imbibirt waren, wird zunächst der Diff. II bis zu einer bestimmten Höhe (Marke 6,2) mit 165 CC. destillirtem Wasser aus einem Messcylinder gefüllt, in das Gefäss E eingeschraubt, nun sofort der Zapfhahn der Leitung und der an dem Kautschukrohr d sitzende Schraubenquetschhahn geöffnet, durch richtige Stellung des Regulirrohres G der Innendruck auf den Stand Marke 7 des Manometers (1/2 Ctm. höher als im Diffusator) gebracht und schliesslich der Zeitpunct (10 Uhr) notirt. Sobald ein ersichtlich regelmässiger Gang des strömenden Apparates eingetreten, wozu ein vorheriges Entfernen der in E sich anfangs sammelnden Luftblasen durch entsprechendes Heben des einen Endes sammt Regulirrohres G unabweislich nöthig ist, wird sofort die Ausflussmenge (135 CC) und die Temperatur (7 °C) des Ablaufwassers bei G bestimmt, eine Probe desselben entnommen und die Concentrationsbestimmung durch Titration (0,86 %) ausgeführt. Ergiebt sich eine annähernde Uebereinstimmung mit den verlangten Werthen, wie dies der Fall, so wird die Flasche L mit dem Ablaufwasser gefüllt, der für die ruhende Diffusion bestimmte Diff. I bis zu einer gewissen Höhe (Marke 6,2) mit destillirtem Wasser gefüllt und in das aus L mit derselben Salzlösung versehene Cylinderglas K bis zu gleicher Höhe eingesenkt, der Schraubenquetschhahn bei n ein wenig geöffnet, der Abflusshahn bei m regulirt, die Temperatur in K (8 °C) bestimmt und die Zeit (10 h 30 m) notirt. Auch wird sofort eine abermalige Controlle der Concentration der Lösung in K vorgenommen (0,86 %) und ein Verdunsten sowohl, als auch eine durch Hineinspritzen von NaCl-Lösung bewirkte Verunreinigung der Flüssigkeiten in den beiden Diffusatoren II (strömend) und I (ruhend) durch Auflegen von Uhrgläschen g auf den Hals der Gefässe und von ausgeschnittenen Papp- oder Holzscheiben auf den Eimer I verhütet. Unter fortgesetzter aufmerksamer Beobachtung der Manometer M und M_1, eventueller Neu-Regulirung durch G, und vielleicht abermals erforderlicher Entfernung von Luftblasen aus E, sowie unter Nachfüllung der Salzlösung in A durch den geöffneten Glastrichter a ist die erste Stunde regelmässigen Ganges des Strömungsapparates verlaufen und damit (11 Uhr) der Zeitpunct erreicht, an welchem die erste Bestimmung der in Diff. II innerhalb dieser Zeit eingetretenen Salzmenge erfolgen soll. Nach einer mehr oder minder grossen Verspätung (in unserem Beispiel 1/2 Stunde) tritt für den ruhenden Diffusator I derselbe Moment ein.

Aus sehr vielen Gründen, besonders aber um die sich darbietenden Erscheinungen exact und in ihrem ganzen Verlaufe kennen lernen zu können, habe ich mich nämlich entschieden, diese für alle Schlussfolgerungen allein maassgebenden »Diffusions-Mengen« nicht blos einmal und zwar bei Abschluss des Versuches nach

[1] Es diente hierzu eine 2 Doppelhectoliter fassende Tonne, von welcher im Maximum etwa 2 Füllungen consumirt wurden.

[2] Dies war wegen der Unreinheit des käuflichen Salzes stets nothwendig.

6 Stunden, sondern allstündlich genau festzustellen. Mit diesem Entschlusse war aber eine complicirtere Form der Proben-Entnahme unabweislich. Denn da die Grösse dieser Proben — der analytisch sicheren Bestimmung halber — nicht zu gering sein durfte und gemäss meiner Erfahrung zweckmässig auf 5 CC normirt wurde, so würde durch die fortschreitende Entnahme der 5 CC von Stunde zu Stunde eine auf den Druck influirende Volumverringerung im Diffusator selbst hervorgerufen sein, welcher mittels der Regulirung des Innendruckes von E durch das Rohr G zu folgen ausser Bereich der Möglichkeit lag. Es wären somit Druckdifferenzen geschaffen worden, die für die reinen Diffusionswirkungen wieder störend gewesen wären. Demgemäss wurde so verfahren, dass nach gehörigem Umrühren mit einer 5 CC-Pipette die Probe gezogen und alsdann, nach vollständigster Ausspülung derselben, mit der gleichen Pipette 5 CC reinen Wassers in den Diffusator zurückgebracht wurden. Ich verkenne gewiss nicht, dass mit dieser Art zu arbeiten eine Reihe kleiner Fehlerquellen (durch unrichtiges Abmessen, verschiedene Temperatur der Flüssigkeiten etc.) verknüpft ist, welche die absoluten Zahlenwerthe in ihrer völligen Richtigkeit beeinflussen, allein ebenso bestimmt glaube ich sagen zu dürfen, dass sich innerhalb einer jeden Versuchsreihe diese Fehler durch die ebenso natürlichen Schwankungen nach entgegengesetzten Seiten im Gesammteffect ausgleichen. Jedenfalls habe ich bei vielen Controllversuchen, d. h. wiederholten Proben-Entnahmen zur selben Stunde, so geringfügige Unterschiede in den Diffusionsmengen gefunden, dass ich einen ausschlaggebenden Einfluss gänzlich bestreiten darf.

Die Bestimmung des Chlor- resp. NaCl-Gehaltes, sowohl der 5 CC-Probe wie der früher erwähnten auf ihre Concentration zu controllirenden Lösungen, erfolgte nun unabänderlich nach der bekannten *Liebig-Mohr*'schen Methode mit Silbernitrat und Kaliumchromat als Indicator. Die Silberlösung war in exactester Weise auf NaCl gestellt und gaben 1 CC derselben = 0,001 grm. NaCl an, so dass bei Anwendung der in $^1/_{10}$ CC. getheilten Büretten mit genügender Sicherheit nach 0,00005 = 5 Centimilligrm. NaCl geschätzt werden konnten. Aus diesem Grunde ist die Angabe der Diffusionsmenge auf Centimilligramm erfolgt.

Rückkehrend zu der Weiterführung der Versuche wird also die Proben-Entnahme mit Ablauf jeder vollen Stunde nach Beginn in den Diffusatoren II und I wiederholt, dazwischen in beliebigen Intervallen eine Neubestimmung der Temperatur, Concentration und Ausflussmenge in dem Ablaufwasser von G und der Flüssigkeit von K vorgenommen und die Beaufsichtigung des Gesammtapparates wie die Nachfüllung in A stetig im Auge behalten. Nach Abschluss der sechsten Stunde wird ein der Flasche L entsprechendes Quantum von dem Ablaufwasser aus G asservirt, um am nächsten Tage für den ruhenden Diffusionsversuch Verwendung zu finden, darauf werden die Versuche unterbrochen, die Diffusatoren herausgenommen und nach Abtrocknung der äusserlich anhaftenden Flüssigkeit ihr Inhalt in den gleichen Messcylinder wie früher entleert und gemessen.

Diese Messung der Diffusatoren-Inhalte am Anfang und am Ende des Versuches ergab sich als nothwendig, weil sich ganz in Uebereinstimmung mit

den bekannten Gesetzen der Diffusion sehr bald eine mehr oder minder erhebliche Volumveränderung bemerkbar gemacht hatte, die in ihrer Grösse festzustellen schon durch den Umstand geboten war, dass die Berechnung der gesammten Diffusionsmenge aus den stündlichen Proben-Entnahmen möglichst zutreffend erfolgen sollte. Diesem Hauptzwecke genügte auch die beschriebene Art der Messung, welcher sonst ein höherer Grad von Genauigkeit allerdings nicht zugesprochen, aber auch schwer verliehen werden kann, und andererseits liess dieselbe immerhin auch exceptionelle Erscheinungen, sei es nun eine auffallende Verminderung, sei es gar eine Vermehrung des Diffusatorinhaltes, noch mit hinreichender Deutlichkeit erkennen.

Den Abschluss der Arbeiten des ersten Tages (3. Decbr.) bildete das Auswaschen der beiden Diffusatoren mit Wasser und das Einsetzen in Gefässe mit Wasser behufs Auslaugung des von den Membranen aufgenommenen Kochsalzes.

Am zweiten Versuchstage (4. Dec.) werden zunächst die beiden Membranen auf völlige Abwesenheit von NaCl geprüft und, falls dieselbe cons atirt ist, bei gleichem Aufbau des Gesammtapparates und Einhaltung derselben Versuchsbedingungen nunmehr Diff. I in den Strömungsapparat, Diff. II i den ruhenden Apparat eingesetzt, im Uebrigen ganz wie a n vorigen Tage gearbeitet.

Damit ist alsdann die combinirte Durchführung zweier Versuchsreihen vollendet und das Material zur weiteren Berechnung und Ableitung der Versuchsergebnisse erworben.

3. Die Berechnung der Versuchsergebnisse.

In einer jeden Versuchsreihe, welche ja eigentlich einen Complex von zwei Versuchsreihen, ruhend und strömend, umfasst, sind nach Obigem die je n quantitativen Bestimmungen der NaCl-Mengen, welche sich nach Ablauf einer Stunde in 5 CC. des Diffusator-Inhaltes befinden, die Grundlage aller weiteren Berechnungen und Schlussfolgerungen. Bezeichnet man dieselben allgemein mit a_1, a_2, a_3 .... a_n, wobei die Indices die Stunde angeben sollen, nach deren Verlaufe die 5 CC. genommen wurden, so würde man in einem concreten Beispiele etwa folgendes Bild gewinnen:

In dem Diffusator-Inhalte sind gefunden

in 5 CC. NaCl in Centimilligrm.	oder a_1 = 100 gesetzt
a_1 = 60	= 100
a_2 = 100	= 167
a_3 = 140	= 233
a_4 = 170	= 283
a_5 = 230	= 383
a_6 = 260	= 433

Offenbar aber ist dieses Bild kein ganz richtiges; denn in jeder späteren Bestimmung ist ja die in den vorher entnommenen 5 CC. vorhandene Menge NaCl verloren gegangen, und jene absolute oder relative Zahlenreihe wird daher die Steigerung des NaCl-Gehaltes im Diffusator zwar qualitativ, aber nicht quantitativ richtig wieder-

spiegeln. Dieser Fehler lässt sich nun durch eine so einfache Berechnung auf die absoluten Gesammt-Diffusionsmengen vollständig ausgleichen, dass ich dieselbe umsomehr auszuführen beschloss, als es auch nach anderer Richtung angenehm sein dürfte, die Gesammtdiffusionsmengen so zahlreicher Diffusionsversuche in ihren absoluten Werthen zu kennen. Allerdings aber setzt diese Berechnung die Kenntniss des Diffusator-Inhaltes nach Cubikcentimetern zur Zeit einer jeden Probeentnahme d. h. also am Ende jeder abgelaufenen Stunde voraus, und da nach früher Gesagtem (S. 34) dieser Inhalt eine veränderliche Grösse darstellt, so müssten directe Messungen desselben für jede Stunde zu Gebote stehen. Dies ist nun experimentell nicht durchführbar, weil, wie ein Blick auf die Tabellen zeigt, die Inhaltsveränderungen meistens viel zu gering sind, um bei der Weite der Diffusatoren unmittelbar am Niveau wahrgenommen und abgelesen werden zu können, sondern erst in ihrer Summation am Ende der Versuchsreihe bei der direkten Nachmessung zur Erkennung gelangen. Im Allgemeinen habe ich mich deshalb darauf beschränkt, das Mittel aus dem Diffusator-Inhalt am Anfang und am Ende der Versuchsreihe als den wahren mittleren Inhalt in die Rechnung einzuführen. Selbstverständlich ist damit eine störende Beeinflussung der Anfangs- und End-Glieder unvermeidlich verknüpft, allein die Nachrechnung lässt dieselbe allermeistens so geringfügig erscheinen, dass man sie zumal hinsichtlich der relativen Zahlen ruhig vernachlässigen kann. Hätte somit, um obiges Beispiel eines Versuches fortzuführen, das Mittel des Diffusator-Inhaltes = 155 CC betragen, so würde sich aus dem Gehalte der 5 CC = a_1 = 60 Ctmilligrm. die am Ende der 1. Stunde in dem Diffusator befindliche NaCl-Menge zu $\frac{155}{5} \times 60 = 1860$ Ctmilligrm., ebenso aus a_2 = 100 Ctmilligrm. die am Ende der 2. Stunde in dem Diffusator befindliche NaCl-Menge zu $\frac{155}{5} \times 100 = 3100$ Ctmilligrm. u. s. w. berechnen. Diese Mengen repräsentiren aber für eine andere als die erste Stunde nicht die Gesammtmenge des nach 2, 3, . . . n Stunden durch das Diaphragma gegangenen NaCl, weil ja bei der zweiten Berechnung die Menge $a_1 = 60$ Ctmilligrm., bei der dritten die Mengen $a_1 + a_2 = 160$ Ctmilligrm. u. s. w. unberücksichtigt blieben, da sie mittels der Pipette factisch fortgenommen sind. Alle diese wachsenden Summen müssen bei der nächstfolgenden Berechnung zugelegt werden, so dass die nach 2 Stunden exosmosirte Gesammtmenge NaCl nicht 3100, sondern 3100 + 60 = 3160, die nach 3 St. nicht 4340, sondern 4340 + 60 + 100 = 4500 Ctmilligrm. u. s. w. beträgt. Bezeichnet V den zur Berechnung zu ziehenden Inhalt des Diffusators, M_n die nach n Stunden exosmosirte Gesammtmenge NaCl in Centimilligramm, so wird ganz allgemein

$$M_n = \frac{V}{5} \cdot a_n + \Sigma a_{n-1}.$$

Für unser Beispiel würde man so erhalten

M_1 = 1860 Ctmilligrm. oder = 100
M_2 = 3160 » . . . . = 170
M_3 = 4500 » . . . . = 242

$M_4 = 5570$ Ctmilligrm. . . . . = 300
$M_5 = 7600$ » . . . . = 409
$M_6 = 8760$ » . . . . = 471

und die rechtsstehenden Relativzahlen beweisen im Vergleich mit den früheren, unmittelbar aus a_1, a_2, a_3 . . . . abgeleiteten, den zu erwartenden Effect dieser nunmehr durchgeführten richtigeren Berechnung.

Nach den vorstehend entwickelten Grundsätzen und Formeln ist in allen Versuchstabellen die Columne der absoluten Gesammtmengen des nach n Stunden exosmosirten NaCl aus den einzelnen Versuchsdaten a_1, a_2 . . . a_n berechnet worden. Die besondere Aufführung des berechneten Zwischenfactors $\frac{V}{5} \cdot a_n$ in denselben erschien unnöthig.

Dagegen habe ich in die Tabellen eine berechnete Columne über die im ruhenden wie strömenden Zustand erhaltenen relativen Diffusionsmengen, bezogen auf die Menge der Ersten Stunde ruhend = 100 aufgenommen, weil dadurch nicht allein der Gang der Erscheinung anschaulicher in die Augen fällt, sondern auch weil die bei den Strömungsversuchen beobachteten Abweichungen so in unmittelbarer Relation zu dem ruhenden Zustand zum quantitativen Ausdruck gebracht werden. Die ganze Anordnung und Ausführung meiner Versuche basirt ja auf dem bereits vielfach motivirten Grundsatz, die Diffusionswirkung ruhend und strömend stets innerhalb einer zusammengehörigen Versuchsreihe zu studiren, da hiedurch allein eine Elimination aller störenden Einflüsse bis zu dem Grade erreichbar ist, dass die Versuchsergebnisse vorwurfsfrei und demnach auch die Schlussfolgerungen begründet erscheinen. Diesem Gedanken der Zusammengehörigkeit soll die erwähnte Columne Rechnung tragen und denselben zahlenmässig wiedergeben. —

Mit dieser letzten Erläuterung dürfte die Reihe von allgemeinen Bemerkungen zum Abschluss gebracht sein, welche für die Kenntnissnahme und kritische Würdigung meiner Apparate und Versuche, für ihre Berechnung und typographische Darstellung in den späteren Tabellen nothwendig war. Wir können uns jetzt zu den einzelnen Versuchsreihen selbst und ihren Ergebnissen wenden.

B. Die Exosmose ruhender und strömender Kochsalz-Lösungen gegen destillirtes Wasser durch kryptoporöse Diaphragmen (Membranen).

Versuche mit Pergamentpapier + Eiweiss.

Versuchsreihen I—VIII.

Meinen eigentlichen Wünschen gemäss hätte ich sehr gerne mit reinem Pergamentpapier als einer vegetabilischen Membran gearbeitet, allein trotz Auswahl unter verschiedenen Proben der besten Fabrikate ist es mir nicht gelungen, solche zu finden, welche nach Aufspannung auf den Diffusator bei Durchfeuchtung und bei geringem Wasserdruck nicht noch einige kleine Undichtigkeiten gezeigt hätten. Da mir nun, gerade im Hinblick auf die neueren Untersuchungen über Filtration durch Membranen, vor Allem daran liegen musste, dieses Moment bei meinen Versuchen thunlichst auszuschliessen, und weil dazu jedenfalls absolute Dichte der Membran im gewöhnlichen Sinne zu fordern war, so blieb mir nichts anderes übrig, als das Pergamentpapier mit Eiweiss zu dichten. Es geschah Dies in der Weise, dass die fertig aufgespannte Papiermembran nach Trockenwerden mittelst eines feinen Pinsels mit frischem Eiweiss dünn und gleichmässig überstrichen und dann der Diffusator über einem mässig heissen Wasserbade aufgehängt wurde, damit die Dämpfe die Membran umspülten und so das Eiweiss zur langsamen Coagulation brächten. Dergestalt erhielt ich Membranen, welche die Wasserdruckprobe zur Genüge aushielten, freilich aber auch nicht mehr als reine Pergamentpapier-Membranen betrachtet werden konnten.

Versuchsreihen I—III.

Schwachste Concentration (ca. 85 %). Mittlere Geschwindigkeit (ca. 8 Ctm.).

Versuchsreihe I. Diffusator I. Membran No. 1.

I a Ruhend Datum 24. Nov. 80. Dauer 9^{40}—3^{40}

Niveau innen / « aussen: b. Marke 6,5. Inhalt d. Diffus.: Anfang 170 CC., Ende » » ; Mittel 170 CC.

Inhalt z. Berechn. 170 CC. Gesammtmenge $M_n = 34\, a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Aeussere Flüssigkeit: Temp. °C	NaCl %	Menge exosmosirtes NaCl: In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	nach n Stunden: M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	6	0,83	—	—	—
1	—	—	a_1 40	1360	100
2	—	—	a_2 60	2080	153
3	—	—	a_3 95	3330	245
4	6	0,84	a_4 130	4615	339
5	—	—	a_5 160	5765	424
6	—	—	a_6 175	6435	474

NB. Der Inhalt am Ende ist nicht bestimmt; seine Abnahme war aber kaum bemerkbar.

I c Strömend Datum 26. Nov. 80. Dauer 9^{10}—3^{10}

Niveau innen b. Marke 6,2; Manom. aussen » » 7. Inhalt d. Diffus.: Anfang 165 CC., Ende ? « ; Mittel 165 CC.

Inhalt z. Berechn. 165 CC. Gesammtmenge $M_n = 33\, a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Aeussere Flüssigkeit: Ausfluss-Menge CC in 1 Sec.	Temp. °C	NaCl %	Menge exosmosirtes NaCl: In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	nach n Stunden: M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	145	7	0,86	—	—	—
1	—	—	—	a_1 50	1650	121
2	—	—	—	a_2 90	3020	222
3	—	—	—	a_3 130	4430	326
4	—	—	—	a_4 165	5715	420
5	135	6,5	0,83	a_5 190	6705	493
6	—	—	—	a_6 220	7885	580

NB. Der Inhalt am Ende ist nicht bestimmt; seine Abnahme war aber ebenfalls höchst unbedeutend.

Versuchsreihe II. Diffusator I. Membran No. 3.

II a Ruhend Datum 3. Dec. 80. Dauer 10^{30}—4^{30}

Niveau innen / « aussen: b. Marke 6,2. Inhalt d. Diffus.: Anfang 168 CC., Ende 168 « ; Mittel 168 CC.

Inhalt z. Berechn. 168 CC. Gesammtmenge $M_n = 33{,}6\, a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	8	0,86	-	-	-
1	—	—	a_1 40	1344	100
2	—	—	a_2 70	2392	178
3	—	—	a_3 100	3470	258
4	7,5	0,87	a_4 130	4578	341
5	—	—	a_5 170	6052	450
6	—	—	a_6 200	7230	538

II c Strömend Datum 4. Dec. 80. Dauer 9^{15}—3^{15}

Niveau innen b. Marke 6,2; Manom. aussen « « 7. Inhalt d. Diffus.: Anfang 168 CC., Ende 165 « ; Mittel 166,5 CC.

Inhalt z. Berechn. 166,5 CC. Gesammtmenge $M_n = 33{,}3\, a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Ausfluss-Menge CC in 1 Sec.	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	134	7	0,98	—	—	—
1	—	—	—	a_1 70	2331	173
2	—	—	—	a_2 100	3400	253
3	140	7	0,95	a_3 125	4332	322
4	—	—	—	a_4 150	5290	394
5	—	—	—	a_5 190	6772	504
6	135	—	—	a_6 240	8627	642

Versuchsreihe III. Diffusator II. Membran No. 4.

III a Ruhend Datum 4. Dec. 80. Dauer 9^{30}—3^{30}

Niveau innen / « aussen: b. Marke 6,2. Inhalt d. Diffus.: Anfang 165 CC., Ende 162 « ; Mittel 163,5 CC.

Inhalt z. Berechn. 163,5 CC. Gesammtm. $M_n = 32{,}7\, a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	8	0,98	—	—	—
1	—	—	a_1 50	1635	100
2	—	—	a_2 70	2339	143
3	—	—	a_3 100	3390	207
4	—	—	a_4 130	4471	273
5	8	—	a_5 170	5909	361
6	—	0,98	a_6 210	7387	452

III c Strömend Datum 3. Dec. 80. Dauer 10—4

Niveau innen b. Marke 6,2; Manom. aussen « « 7. Inhalt d. Diffus.: Anfang 165 CC., Ende 163 « ; Mittel 164 CC.

Inhalt z. Berechn. 164 CC. Gesammtmenge $M_n = 32{,}8\, a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Ausfluss-Menge CC in 1 Sec.	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	135	7	0,86	—	—	—
1	—	—	—	a_1 60	1968	120
2	—	—	—	a_2 90	3012	184
3	—	—	—	a_3 120	4086	250
4	135	7	0,85	a_4 165	5682	348
5	—	—	—	a_5 220	7651	468
6	—	—	0,93	a_6 280	9839	602

Versuchsreihen IV—V.

Mittlere Concentration (ca 1,30 %). Mittlere Geschwindigkeit (ca. 8 Ctm.)

Versuchsreihe IV. Diffusator II. Membran No. 5.

IV a Ruhend Datum 30. Dec. 80. Dauer 10^{55} — 4^{55}

Niveau innen / « aussen } 8 Ctm. Inhalt d. Diffus. { Anfang 156 CC. / Ende 154 « } Mittel 155 CC

Inhalt z. Berechn. 155 CC. Gesammtm. $M_n = 31\, a_n + \Sigma\, a_{n-1}$

Nach Stunden	Aeussere Flüssigkeit Temp. °C	NaCl %	Menge exosmosirtes NaCl: In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	nach n Stunden M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	7	1,27	—	—	—
1	—	—	a_1 60	1860	100
2	—	—	a_2 100	3160	170
3	—	—	a_3 140	4500	242
4	7	1,28	a_4 170	5570	300
5	—	—	a_5 230	7600	409
6	7	—	a_6 260	8760	471

IV c Strömend Datum 29. Dec. 80. Dauer 10 — 4

Niveau innen 8 Ctm. / Manom. aussen 8,5 « Inhalt d. Diffus. { Anfang 156 CC. / Ende 154 « } Mittel 155 CC.

Inhalt z. Berechn. 155 CC. Gesammtmenge $M_n = 31\, a_n + \Sigma\, a_{n-1}$

Nach Stunden	Aeussere Flüssigkeit Ausfluss-Menge CC in 1 Sec.	Temp. °C	NaCl %	Menge exosmosirtes NaCl: In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	nach n Stunden M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst Stde ruhend = 100
0	132	6	1,25	—	—	—
1	—	—	—	a_1 90	2790	150
2	—	—	—	a_2 125	3965	213
3	—	—	—	a_3 185	5950	320
4	133	6	1,30	a_4 215	7065	380
5	—	—	—	a_5 265	8830	474
6	134	6	1,27	a_6 300	10180	547

Versuchsreihe V. Diffusator II. Membran No. 6.

V a Ruhend Datum 7. April 81. Dauer 9^{40} — 3^{40}

Niveau innen / « aussen } 8,5 Ctm. Inhalt d. Diffus. { Anfang 164 CC. / Ende 162 « } Mittel 163 CC.

Inhalt z. Berechn. 163 CC. Gesammtm. $M_n = 32{,}6\, a_n + \Sigma\, a_{n-1}$

Nach Stunden	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	8	1,16	—	—	—
1	—	—	a_1 50	1630	100
2	—	—	a_2 90	2984	183
3	8	—	a_3 140	4704	290
4	—	—	a_4 180	6148	377
5	—	—	a_5 210	7306	448
6	8	1,18	a_6 250	8820	541

V c Strömend Datum 6. April 81. Dauer 9^{45} — 3^{45}

Niveau innen 8,5 Ctm. / Manom. aussen 9 « Inhalt d. Diffus. { Anfang 164 CC. / Ende 162 « } Mittel 163 CC.

Inhalt z. Berechn. 163 CC. Gesammtmenge $M_n = 32{,}6\, a_n + \Sigma\, a_{n-1}$

Nach Stunden	Ausfluss-Menge CC in 1 Sec.	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst Stde ruhend = 100
0	138	7	1,15	—	—	—
1	—	—	—	a_1 60	1956	120
2	—	—	—	a_2 110	3646	224
3	—	7	—	a_3 160	5386	330
4	—	—	—	a_4 210	7176	440
5	—	—	1,16	a_5 260	9016	551
6	139	8	1,18	a_6 340	11884	730

Versuchsreihen VI—VIII.

Stärkste Concentration (ca. 2,50 %). Alle drei Geschwindigkeiten (ca. 4, 8 und 10 Ctm.)

Versuchsreihe VI. Diffusator II. Membran No. 6.

VI a Ruhend Datum 21. April 81. Dauer 9^{30} — 3^{30}

Niveau innen / « aussen } 8,5 Ctm. Inhalt d. Diffus. { Anfang 164 CO. / Ende 160 « } Mittel 162 CC.

Inhalt z. Berechn. 162 CC. Gesammtm. $M_n = 32{,}4\, a_n + \Sigma\, a_{n-1}$

Nach Stunden	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	11	2,40	—	—	—
1	—	—	a_1 80	2592	100
2	—	—	a_2 180	5912	230
3	10	2,48	a_3 300	9980	385
4	—	—	a_4 400	13520	520
5	—	—	a_5 450	15540	600
6	10	2,45	a_6 510	17934	692

VI c Strömend Datum 20. April 81. Dauer 11^{5} — 5^{5}

Niveau innen 8,5 Ctm. / Manom. aussen 9,5 « Inhalt d. Diffus. { Anfang 164 CC. / Ende 160 « } Mittel 162 CC.

Inhalt z. Berechn. 162 CC. Gesammtmenge $M_n = 32{,}4\, a_n + \Sigma\, a_{n-1}$

Nach Stunden	Ausfluss-Menge CC in 1 Sec.	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst Stde ruhend = 100
0	140	10	2,50	—	—	—
1	—	—	—	a_1 255	8262	319
2	—	10	—	a_2 315	10461	404
3	138	—	2,52	a_3 390	13206	510
4	—	—	—	a_4 450	15540	600
5	—	—	—	a_5 560	19554	754
6	137	10	2,40	a_6 715	25136	970

NB. Der höhere Aussendruck = 9,5 Ctm. statt des sonst angewendeten = 9 Ctm. scheint auf einem besonderen Versuche zu beruhen; jedenfalls hat derselbe thatsächlich geherrscht, ohne dass ein äusserer Ueberdruck beabsichtigt gewesen wäre.

Versuchsreihe VII. Diffusator I. Membran No. 8.

VII a Ruhend Datum 18. Nov. 81. Dauer 10^{25}—4^{25}

Niveau innen / « aussen 8,5 Ctm. Inhalt d. Diffus. Anfang 170 CC. Ende 169 « Mittel 169,5 CC.

Inhalt z. Berechn. 169,5 CC. Gesammtm. $M_n = 33{,}9\, a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Aeussere Flüssigkeit Temp. °C	Aeussere Flüssigkeit NaCl %	Menge exosmosirtes NaCl: In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	nach n Stunden M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	—	—	—	—	—
1	11	2,48	a_1 150	5085	100
2	11	2,49	a_2 275	9472	186
3	—	—	a_3 365	12798	252
4	10	—	a_4 460	16464	324
5	—	2,48	a_5 570	20573	405
6	10	—	a_6 660	24194	476

VII b Strömend Datum 17. Nov. 81. Dauer 10—4

Niveau innen 8,5 Ctm. Manom. aussen 9 « Inhalt d. Diffus. Anfang 170 CC. Ende 168 « Mittel 169 CC.

Inhalt z. Berechn. 169 CC. Gesammtmenge $M_n = 33{,}8\, a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Aeussere Flüssigkeit Ausfluss-Menge CC in 1 Sec.	Temp. °C	NaCl %	Menge exosmosirtes NaCl: In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	nach n Stunden M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	70	11	2,45	—	—	—
1	—	—	—	a_1 160	5408	106
2	—	11	2,48	a_2 250	8610	169
3	70	—	—	a_3 383	13355	263
4	—	11	2,49	a_4 495	17524	345
5	70	—	—	a_5 590	21230	418
6	—	11	2,48	a_6 670	24524	482

NB. Die Ausnahme a_3 geschah nicht genau 1 Uhr, sondern 1^{10} und zeigte 405 Centimilligramm; darnach wäre für 70 Min. die Differenz $a_3 - a_2 = 155$, also die für 60 Min. $= 133$ und somit das corrigirte $a_3 = 250 + 133 = 383$.

VII c Strömend Datum 19. Nov. 81. Dauer 9^{15}—3^{15}

Niveau innen 8,5 Ctm. Manom. aussen 9 « Inhalt d. Diffus. Anfang 170 CC. Ende 168 « Mittel 169 CC.

Inhalt z. Berechn. 169 CC. Gesammtmenge $M_n = 38{,}8\, a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Ausfluss-Menge CC in 1 Sec.	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl	M_n	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	—	10	2,50	—	—	—
1	142	—	—	a_1 180	6084	120
2	143	11	—	a_2 320	10996	216
3	143	11	2,48	a_3 430	15034	295
4	—	—	—	a_4 560	19858	391
5	142	11	2,48	a_5 695	24981	491
6	—	11	2,49	a_6 815	29732	585

Versuchsreihe VIII. Diffusator I. Membran No. 7.

VIII a Ruhend Datum 9. Oct. 81. Dauer 9^{30}—1^{30}

Niveau innen / « aussen 8,5 Ctm. Inhalt d. Diffus. Anfang 168 CC. Ende 166 « Mittel 167 CC.

Inhalt z. Berechn. 167 CC. Gesammtm. $M_n = 33{,}4\, a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl	M_n	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	11	2,52	—	—	—
1	—	—	a_1 210	7014	100
2	11	2,51	a_2 320	10898	155
3	11	2,52	a_3 400	13890	198
4	—	—	a_4 540	18966	270
5	—	—	a_5 —	—	—
6	—	—	a_6 —	—	—

VIII c Strömend Datum 8. Oct. 81. Dauer 8^{10}—12^{10}

Niveau innen 8,5 Ctm. Manom. aussen 9 « Inhalt d. Diffus. Anfang 168 CC. Ende 166 « Mittel 167 CC.

Inhalt z. Berechn. 167 CC. Gesammtmenge $M_n = 33{,}4\, a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Ausfluss-Menge CC in 1 Sec.	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl	M_n	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	142	10	(2,70)	—	—	—
1	—	—	2,51	a_1 140	4676	67
2	—	—	—	a_2 310	10494	150
3	142,5	10	2,49	a_3 460	15814	225
4	—	—	—	a_4 620	21618	308
5	—	—	—	a_5 —	—	—
6	—	—	—	a_6 —	—	—

VIII d Strömend Datum 7. Oct. 81. Dauer 7^{50}—11^{50}

Niveau innen 8,5 Ctm. Manom. aussen 9,5 « Inhalt d. Diffus. Anfang 168 CC. Ende 166 « Mittel 167 CC.

Inhalt z. Berechn. 167 CC. Gesammtmenge $M_n = 33{,}4\, a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Ausfluss-Menge CC in 1 Sec.	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl	M_n	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	178	12	—	—	—	—
1	—	—	2,50	a_1 160	5344	76
2	178	12	—	a_2 320	10848	155
3	—	—	—	a_3 460	15844	226
4	—	12	2,50	a_4 600	20980	299
5	—	—	—	a_5 —	—	—
6	—	—	—	a_6 —	—	—

Die Versuche mit Schweinsblase.

Versuchsreihen IX—XIV.

Zur Anwendung gelangte gewöhnliche gute Schweinsblase, welche durchweg so aufgespannt wurde, dass ihre natürliche Innenseite der Aussenseite am Diffusator entsprach, um so die Exosmose der in animalischen Gefässen strömenden Salzlösungen durch deren Gefässwand möglichst getreu wiederzugeben. Da sich im Laufe der Untersuchungen der Wunsch herausstellte, auch mit dünnwandigeren Membranen zu arbeiten, so wurden für die Versuchsreihen XIII und XIV die Blasen gespalten, aber auch bei deren Aufspannen stets die ebenerwähnte richtige Lage der Aussenseite festgehalten. Eine jedesmalige Controlle der fertigen Membran unter Wasserdruck garantirte deren Dichtigkeit im gewöhnlichen Sinne. Bei Versuchsreihe X wurde freilich die schon für IX benutzte Membran No. 1 wiedergebraucht, jedoch, weil inzwischen ein Vierteljahr verflossen und demnach eine wirklich gleiche Molekularbeschaffenheit doch nicht mehr zweifellos war, nachträglich der Sicherheit halber mit Eiweiss überstrichen. Sie ist deshalb auch als eine ganz neue Membran No. 2 zu betrachten.

Nachdem bei den vorigen Untersuchungen sich ergeben hatte, dass die Festhaltung der schwächsten Concentration (ca. 0,85 %) wie leicht begreiflich nur innerhalb grösserer Schwankungen erreichbar war, welche sich wegen der geringen absoluten Concentrationsstärke doppelt störend geltend machen mussten, und dass der Gang der Erscheinung bei den höheren Concentrationsgraden doch ganz der nämliche sei, wurde für die nachfolgend verzeichneten Versuchsreihen nur mit der mittleren und stärksten Concentration gearbeitet.

Versuchsreihen IX—XI.

Mittlere Concentration (ca. 1,30 %). Mittlere Geschwindigkeit (ca. 8 Ctm.)

Versuchsreihe IX. Diffusator III. Membran No. 1.

IX a Ruhend Datum 31. Dec. 80. Dauer 9^{30} — 3^{30}

Niveau innen / « aussen } 8,5 Ctm. Inhalt d. Diffus. { Anfang 164 CC. / Ende 160 « } Mittel 162 CC

Inhalt z. Berechn. 162 CC. Gesammtm. $M_n = 32{,}5\ a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Aeussere Flüssigkeit Temp. °C	NaCl %	Menge exosmosirtes NaCl: In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	nach n Stunden M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	6,5	1,31	—	—	—
1	—	—	a_1 90	2925	100
2	—	—	a_2 175	5777	197
3	—	—	a_3 235	7902	270
4	—	—	a_4 285	9762	334
5	6,5	1,31	a_5 330	11510	393
6	—	—	a_6 370	13140	449

IX c Strömend Datum 30. Dec. 80. Dauer 10^{45} — 4^{45}

Niveau innen 8,5 Ctm. / Manom. aussen 9 « Inhalt d. Diffus. { Anfang 164 CC. / Ende 160 « } Mittel 162 CC.

Inhalt z. Berechn. 162 CC. Gesammtmenge $M_n = 32{,}5\ a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Aeussere Flüssigkeit: Ausfluss-Menge CC in 1 Sec.	Temp. °C	NaCl %	Menge exosmosirtes NaCl: In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	nach n Stunden M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	136	7	1,32	—	—	—
1	—	—	—	a_1 180	5850	200
2	—	—	—	a_2 230	7655	261
3	135	6	1,31	a_3 275	9347	319
4	—	—	—	a_4 330	11410	390
5	—	—	—	a_5 350	12390	423
6	134	6	1,31	a_6 420	15015	513

Versuchsreihe X. Diffusator III. Membran No. 2.

X a Ruhend Datum 6. April 81. Dauer 10 — 4

Niveau innen / « aussen } 8 Ctm. Inhalt d. Diffus. { Anfang 168 CC. / Ende 161 « } Mittel 164,5 CC.

Inhalt z. Berechn. 164,5 CC. Gesammtm. $M_n = 32{,}9\ a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	8	1,15	—	—	—
1	—	—	a_1 80	2632	100
2	8	—	a_2 140	4686	178
3	—	—	a_3 170	5813	221
4	—	—	a_4 210	7299	277
5	8	1,16	a_5 240	8496	323
6	—	—	a_6 260	9394	357

X c Strömend Datum 7. April 81. Dauer 9^{25} — 3^{25}

Niveau innen 8 Ctm. / Manom. aussen 8,5 « Inhalt d. Diffus. { Anfang 168 CC. / Ende 160 « } Mittel 164 CC.

Inhalt z. Berechn. 164 CC. Gesammtmenge $M_n = 32{,}8\ a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Ausfluss-Menge CC in 1 Sec.	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	132	8	1,20	—	—	—
1	—	—	—	a_1 90	2952	112
2	—	—	—	a_2 150	5010	191
3	134	8	—	a_3 200	6800	258
4	—	—	—	a_4 260	8968	340
5	—	—	1,23	a_5 300	10540	400
6	—	8	1,21	a_6 350	12480	474

Versuchsreihe XI. Diffusator III. Membran No. 3.

XI a Ruhend Datum 12. April 81. Dauer 9^{40} — 3^{40}

Niveau innen / « aussen } 8,5 Ctm. Inhalt d. Diffus. { Anfang 175 CC. / Ende 172 « } Mittel 173,5 CC.

Inhalt z. Berechn. 173,5 CC. Gesammtm. $M_n = 34{,}7\ a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	9	1,25	—	—	—
1	—	—	a_1 80	2776	100
2	—	—	a_2 140	4938	178
3	8,5	1,23	a_3 200	7160	258
4	—	—	a_4 250	9095	328
5	—	1,25	a_5 290	9733	351
6	9	—	a_6 340	12758	460

XI c Strömend Datum 11. April 81. Dauer 9^{45} — 3^{45}

Niveau innen 8,5 Ctm. / Manom. aussen 9 « Inhalt d. Diffus. { Anfang 175 CC. / Ende 171 « } Mittel 173 CC.

Inhalt z. Berechn. 173 CC. Gesammtmenge $M_n = 34{,}6\ a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Ausfluss-Menge CC in 1 Sec.	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	136	8	1,30	—	—	—
1	—	—	—	a_1 80	2768	99,5
2	—	—	—	a_2 170	5962	215
3	135	7	1,25	a_3 250	8900	321
4	—	—	—	a_4 310	11226	404
5	—	—	—	a_5 350	12920	465
6	136	8	1,25	a_6 420	15692	565

Versuchsreihen XII—XIV.

Stärkste Concentration (ca. 2,50 %). Alle drei Geschwindigkeiten (ca. 4, 8 und 10 Ctm.)

Versuchsreihe XII. Diffusator III. Membran No. 3.

XII a Ruhend Datum 22. April 81. Dauer 9^{30}—3^{30}

Niveau innen / « aussen } 8,5 Ctm. Inhalt d. Diffus. { Anfang 176 CC. / Ende 174 » } Mittel 175 CC.

Inhalt z. Berechn. 175 CC. Gesammtmenge $M_n = 35 a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Aeussere Flüssigkeit Temp. °C	NaCl %	Menge exosmosirtes NaCl In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	nach n Stunden M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	10,5	2,50	—	—	—
1	—	—	a_1 130	4550	100
2	—	—	a_2 270	9580	210
3	10	—	a_3 360	13000	286
4	—	2,50	a_4 540	19660	432
5	—	—	a_5 650	23050	506
6	10	2,40	a_6 750	28205	620

XII c Strömend Datum 21. April 81. Dauer 9^{15}—3^{15}

Niveau innen 8,5 Ctm. / Manom. aussen 9,5 » Inhalt d. Diffus. { Anfang 175 CC. / Ende 173 « } Mittel 174 CC.

Inhalt z. Berechn. 174 CC. Gesammtmenge $M_n = 34,8 a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Aeussere Flüssigkeit Ausfluss-Menge CC in 1 Sec.	Temp. °C	NaCl %	Menge exosmosirtes NaCl In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	nach n Stunden M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	136	—	2,50	—	—	—
1	—	10	—	a_1 150	5220	115
2	—	—	—	a_2 320	11286	248
3	138	9	2,50	a_3 520	18566	408
4	—	—	—	a_4 630	22914	503
5	—	—	—	a_5 770	28416	624
6	138	9	2,49	a_6 920	34406	756

NB. Der stärkere aussere Ueberdruck = 9,5 Ctm. statt des gewohnlichen = 9 Ctm. war nach direkten Versuchen erforderlich gewesen, um gleichen Seitendruck zu haben.

Versuchsreihe XIII. Diffusator IV. Membran No. 5.

XIII a Ruhend Datum 17. Nov. 81. Dauer 10^{30}—4^{30}

Niveau innen / « aussen } 8,5 Ctm. Inhalt d. Diffus. { Anfang 176 CC. / Ende 174 « } Mittel 175 CC.

Inhalt z. Berechn. 175 CC. Gesammtmenge $M_n = 35 a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	—	—	—	—	—
1	12	2,48	a_1 190	6650	100
2	12	—	a_2 300	10690	161
3	—	2,49	a_3 510	18340	276
4	11,5	—	a_4 670	24450	368
5	—	2,48	a_5 825	30545	460
6	11	—	a_6 965	36270	545

XIII b Strömend Datum 16. Nov. 81. Dauer 9^{30}—3^{30}

Niveau innen 8,5 Ctm. / Manom. aussen 9 » Inhalt d. Diffus. { Anfang 176 CC. / Ende 174 » } Mittel 175 CC.

Inhalt z. Berechn. 175 CC. Gesammtmenge $M_n = 35 a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Ausfluss-Menge CC in 1 Sec.	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	69,5	12	2,48	—	—	—
1	—	11	—	a_1 240	8400	126
2	—	—	—	a_2 460	16340	246
3	70	11	2,48	a_3 660	23800	358
4	—	—	—	a_4 880	32160	484
5	70	11	2,48	a_5 1040	38640	581
6	—	—	—	a_6 1240	46680	702

XIII c Strömend Datum 18. Nov. 81. Dauer 9^{50}—3^{50}

Niveau innen 8,5 Ctm. / Manom. aussen 9 « Inhalt d. Diffus. { Anfang 176 CC. / Ende 174 « } Mittel 175 CC.

Inhalt z. Berechn. 175 CC. Gesammtmenge $M_n = 35 a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Ausfluss-Menge CC in 1 Sec.	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	144	11	2,49	—	—	—
1	—	—	—	a_1 250	8750	132
2	143	10	2,48	a_2 480	17050	256
3	—	—	—	a_3 690	24880	374
4	—	—	—	a_4 900	32920	495
5	143	9,5	2,49	a_5 1090	40470	609
6	—	9,5	—	a_6 1280	48210	725

Versuchsreihe XIV. Diffusator V. Membran No. 4.

XIV a Ruhend Datum 8. Oct. 81. Dauer 12—4

Niveau innen } 8,5 Ctm. Inhalt d. Diffus. { Anfang 177 CC. Ende 176 « } Mittel 176,5 CC.
« aussen }

Inhalt z. Berechn. 176,5 CC. Gesammtm. $M_n = 35,3\ a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Aeussere Flüssigkeit		Menge exosmosirtes NaCl		
	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	nach n Stunden M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	11	2,49	—	—	—
1	11	—	a_1 230	8119	100
2	—	2,50	a_2 430	15409	190
3	—	2,50	a_3 650	23605	291
4	13	—	a_4 750	27785	342
5	—	—	a_5 —	—	—
6	—	—	a_6 —	—	—

XIV c Strömend Datum 9. Oct. 81. Dauer 9^5—1^5

Niveau innen 8,5 Ctm. Inhalt d. Diffus. { Anfang 177 CC. Ende 175 « } Mittel 176 CC.
Manom. aussen 9 «

Inhalt z. Berechn. 176 CC. Gesammtmenge $M_n = 35,2\ a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Aeussere Flüssigkeit			Menge exosmosirtes NaCl		
	Ausfluss-Menge CC in 1 Sec.	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	nach n Stunden M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	142	10	2,52	—	—	—
1	—	—	—	a_1 250	8800	108
2	144	10	2,49	a_2 500	17850	220
3	143	10	2,50	a_3 700	25390	313
4	—	—	—	a_4 930	34186	421
5	—	—	—	a_5 —	—	—
6	—	—	—	a_6 —	—	—

XIV d Strömend Datum 7. Oct. 81. Dauer 1^5 — 5^5

Niveau innen 8,5 Ctm. Inhalt d. Diffus. { Anfang 177 CC. Ende 174 « } Mittel 175,5 CC
Manom. aussen 9,5 «

Inhalt z. Berechn. 175,5 CC. Gesammtmenge $M_n = 35,1\ a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Ausfluss-Menge CC in 1 Sec.	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	172	—	2,53	—	—	—
1	175	12	2,49	a_1 280	9828	121
2	—	—	—	a_2 510	18181	224
3	177	12	2,51	a_3 740	26764	330
4	—	—	—	a_4 970	35577	438
5	—	—	—	a_5 —	—	—
6	—	—	—	a_6 —	—	—

Die Ergebnisse dieser Versuche und ihre kritische Besprechung.

Um aus den vorstehend niedergelegten Beobachtungsdaten die Gesetze der Erscheinung in möglichst anschaulicher Weise ableiten zu können, erscheint es zweckmässig, dieselben in einer mehr übersichtlichen Form zusammenzustellen. So entstehen die folgenden drei Uebersichtstabellen.

Uebersichtstabelle 1.

Pergamentpapier + Eiweiss.

Absolute Diffusionsmengen nach n Stunden in Centimilligramm.

	Schwächste Concentration = ca. 0,85 %.						Mittlere Concentration = ca. 1,30 %.			
Membran	No. 1.		No. 3.		No. 4.		No. 5.		No. 6.	
Versuchs-Reihe	Ia.	Ic.	IIa.	IIc.	IIIa	IIIc.	IVa.	IVc.	Va.	Vc.
Datum	24. Nov. 1880	26. Nov 1880	3. Dec. 1880	4. Dec. 1880	4. Dec. 1880	3. Dec. 1880	30. Dec. 1880	29 Dec. 1880	7. April 1881	6. April 1881
Temperatur	6	6-7	7½-8	7	8	7	7	6	8	7-8
Concentration	0,83-84	0,83-86	0,86-87	0,95-98	0,98	0,85-93	1,27-28	1,25-30	1,16-18	1,15-18
Stromgeschw.	Ruhend —	Strömend 8 Ctm.	Ruhend —	Strömend 8 Ctm.	Ruhend —	Strömend 8 Ctm.	Ruhend —	Strömend 8 Ctm.	Ruhend —	Strömend 8 Ctm.
Std. 1	1360	1650	1344	2331	1635	1968	1860	2790	1630	1956
» 2	2080	3020	2392	3400	2339	3012	3160	3965	2984	3646
» 3	3330	4430	3470	4332	3390	4086	4500	5950	4704	5386
» 4	4615	5715	4578	5290	4471	5682	5570	7065	6148	7176
» 5	5765	6705	6052	6772	5909	7651	7600	8830	7306	9016
» 6	6435	7885	7230	8627	7387	9839	8760	10180	8820	11884
Relative Diffusionsmengen (Menge Erste Stunde Ruhend = 100) nach n Stunden.										
Std. 1	100	121	100	173	100	120	100	150	100	120
» 2	153	222	178	253	143	184	170	213	183	224
» 3	245	326	258	322	207	250	242	320	290	330
» 4	339	420	341	394	273	348	300	380	377	440
» 5	424	493	450	504	361	468	409	474	448	551
» 6	474	580	538	642	452	602	471	547	541	730
Inhalts-Differenz in CC.	?	?	± 0	— 3	— 3	— 2	— 2	— 2	— 2	— 2

Uebersichtstabelle 2.

Pergamentpapier + Eiweiss.

Absolute Diffusionsmengen nach n Stunden in Centimilligramm.

	Stärkste Concentration = ca. 2,50 %.							
Membran	No. 6.		No. 8.			No. 7.		
Versuchs-Reihe	VIa.	VIc.	VIIa.	VIIb.	VIIc.	VIIIa.	VIIIc.	VIIId.
Datum	21. April 1881	20. April 1881	18. Nov. 1881	17. Nov. 1881	19. Nov 1881	9. Oct 1881	8. Oct. 1881	7. Oct. 1881
Temperatur	10-11	10	10-11	11	11	11	10	12
Concentration	2,40-48	2,40-50	2,48-49	2,45-49	2,48-50	2.51-52	2,49-51	2,50
	Ruhend	Strömend	Ruhend	Strömend	Strömend	Ruhend	Strömend	Strömend
Stromgeschw.	—	8 Ctm.	—	4 Ctm.	8 Ctm.	—	8 Ctm.	10 Ctm.
Std. 1	2592	8262	5085	5408	6084	7014	4676	5344
» 2	5912	10461	9472	8610	10996	10898	10494	10848
» 3	9980	13206	12798	13355	15034	13890	15814	15844
» 4	13520	15540	16464	17524	19858	18966	21618	20980
» 5	15540	19554	20573	21230	24981	—	—	—
» 6	17934	25136	24194	24524	29732	—	—	—

Relative Diffusionsmengen (Menge Erste Stunde Ruhend = 100) nach n Stunden.

Std. 1	100	319	100	106	120	100	67	76
» 2	230	404	186	169	216	155	150	155
» 3	385	510	252	263	295	198	225	226
» 4	520	600	324	345	391	270	308	299
» 5	600	754	405	418	491	—	—	—
» 6	692	970	476	482	585	—	—	—
Inhalts-Differenz in CC.	— 4	— 4	1	— 2	— 2	(— 2) in 4 Std.	(— 2) in 4 Std.	(— 2) in 4 Std

Uebersichtstabelle 3.

Schweinsblase.

Absolute Diffusionsmengen nach n Stunden in Centimilligramm.

	Mittlere Concentration = ca. 1,30 %						Stärkste Concentration = ca. 2,50 %										
Membran	No. 1.		No. 2.		No. 3.		No. 3.		No. 5.			No. 4.		
Versuchs-Reihe	IXa.	IXc.	Xa.	Xc.	XIa.	XIc.	XIIa.	XIIc.	XIIIa.	XIIIb.	XIIIc.	XIVa.	XIVc.	XIVd.
Datum	31. Dec. 1880	30. Dec. 1880	6 April 1881	7. April 1881	12. April 1881	11. April 1881	22. April 1881	21 April 1881	17. Nov. 1881	16. Nov. 1881	18. Nov 1881	8. Oct. 1881	9. Oct. 1881	7. Oct. 1881
Temperatur	6½	6-7	8	8	8½-9	7-8	10-10½	9-10	11-12	11-12	9½-11	11-13	10	12
Concentration	1,31	1,31-32	1,15-16	1,20-23	1,23-25	1,25-30	2,40-50	2,49-50	2,48-49	2.48	2,48-49	2,49-50	2,49-52	2,49-53
Stromgeschw.	Ruhend —	Strömend 8 Ctm.	Ruhend —	Strömend 8 Ctm.	Ruhend —	Strömend 8 Ctm.	Ruhend —	Strömend 8 Ctm.	Ruhend —	Strömend 4 Ctm.	Strömend 8 Ctm.	Ruhend —	Strömend 8 Ctm.	Strömend 10 Ctm.
Std. 1	2925	5850	2632	2952	2776	2768	4550	5220	6650	8400	8750	8119	8800	9828
» 2	5777	7655	4686	5010	4938	5962	9580	11286	10690	16340	17050	15409	17850	18181
» 3	7902	9347	5813	6800	7160	8900	13000	18566	18340	23800	24880	23605	25390	26764
» 4	9762	11410	7299	8968	9095	11226	19660	22914	24450	32160	32920	27785	34186	35577
» 5	11510	12390	8496	10540	9733	12920	23050	28416	30545	38640	40470	—	—	—
» 6	13140	15015	9394	12480	12758	15692	28205	34406	36270	46680	48210	—	—	—

Relative Diffusionsmengen (Menge Erste Stunde Ruhend = 100) **nach n Stunden.**

	IXa.	IXc.	Xa.	Xc.	XIa.	XIc.	XIIa.	XIIc.	XIIIa.	XIIIb.	XIIIc.	XIVa.	XIVc.	XIVd.
Std. 1	100	200	100	112	100	99,5	100	115	100	126	132	100	108	121
» 2	197	261	178	191	178	215	210	248	161	246	256	190	220	224
» 3	270	319	221	258	258	321	286	408	276	358	374	291	313	330
» 4	334	390	277	340	328	404	432	503	368	484	495	342	421	438
» 5	393	423	323	400	351	465	506	624	460	581	609	—	—	—
» 6	449	513	357	474	460	565	620	756	545	702	725	—	—	—
Inhalts-Differenz in CC.	— 4	— 4	— 7	— 8	— 3	— 4	— 2	— 2	— 2	— 2	— 2	(— 1) in 4 Std.	(— 2) in 4 Std.	(— 3) in 4 Std.

Aus dem allgemeinen und speciellen Studium dieser Tabellen ergeben sich nunmehr die nachstehenden Thatsachen, welche als empirisch abgeleitete Gesetze angesehen werden dürfen.

1. **Die Membran-Exosmose wird ceteris paribus durch das Strömen der Salzlösung in erheblichem Grade gesteigert,** d. h. die durch dieselbe Membran in gleichen Zeiten und unter sonst gleichen Verhältnissen aus der strömenden Flüssigkeit exosmosirten Salzmengen sind erheblich grösser als aus der ruhenden.

Diese höchst merkwürdige Fundamental-Erscheinung tritt unmittelbar aus den Uebersichtstabellen in die Augen: auf welche der 14 zusammengehörigen Versuchsreihen wir unseren Blick lenken, allüberall finden wir die Zahlen der Columnen »strö-

mend« grösser als die entsprechenden, mit »ruhend« bezeichneten von gleicher Versuchsdauer. Und wenn wir wirklich drei Ausnahmefälle (bei VII b, Stde 2, VIII c. d, Stde 1 u. 2, und XI c, Stde 1.) antreffen, so sind dieselben so leicht in ihrem Ursprunge zu erklären und werden Dies später werden, dass gerade auch hier die Ausnahmen die Regel bestätigen und jene Erscheinung zu einer unumstösslichen Thatsache machen.

Während also — um diese Erscheinung an einem Beispiele zu sprachlichem Ausdrucke zu bringen, — nach Versuchsreihe III im ruhenden Apparat in 6 Stunden das $4^1/_2$fache der Salzmenge die Membran passirte, welche während der ersten Stunde osmosirte, ist unter sonst gleichen Verhältnissen und in derselben Zeit im strömenden Apparat das 6fache dieser Menge hindurchgegangen. Es hat demnach die Stromgeschwindigkeit von 8 Ctm. pr. Sec. eine Steigerung der Diffusionsmenge um 33 % hervorgerufen.

2. Die Zunahme der Membran-Exosmose durch Strömen der Lösung scheint an sich, d. h. qualitativ betrachtet, unabhängig von allen sonst auf die Diffusion wirkenden Factoren zu sein.

Diese wichtige Thatsache kann aus der Reihe der vorliegenden Beobachtungen allerdings nur mit gewisser Einschränkung abgeleitet werden, einfach weil die Zahl der Versuchsreihen und die Variation der sämmtlichen Versuchsbedingungen ungleich mannichfaltiger hätten sein müssen, um sie in der ganz allgemeinen Fassung aufrecht erhalten zu können. Ich habe deshalb auch das bescheidenere »scheint« in den obigen Gesetzesausdruck eingefügt. Für die mir zur Zeit zur Verfügung stehenden Beobachtungen trifft jedoch obige Folgerung in ganzem Umfange zu.

Dass die sonst so bedeutungsvolle specifische Natur der Membran qualitativ ohne Einfluss ist, wird schon dadurch bewiesen, dass zwei so heterogene Membranen wie Pergamentpapier und Schweinsblase eine derartige Zunahme in gleichem Sinne offenbaren. Aber auch alle einzelnen angewandten Membranen derselben Gattung, die doch thatsächlich als specifisch verschieden anzusehen sind (S. 27), zeigen dasselbe Bild. Ebenso dürfte auch die Dicke der Membran als gleichgültig erachtet werden dürfen; mindestens verhalten sich die Versuchsreihen XIII und XIV, bei welchen ja gespaltene Thierblase zur Verwendung kam, qualitativ nicht anders als die übrigen. Hinsichtlich der Temperatur ist man ja schon wegen des Angewiesenseins auf das Leitungswasser für die Versuche auf ziemlich enge Grenzen beschränkt, und bewegen sich diejenigen meiner Versuchsreihen, welche wegen der Gleichheit der übrigen Verhältnisse hier zum Beweise verwendet werden können, sogar nur in den geringfügigen Temperaturdifferenzen von 2—3 ° C; allein innerhalb dieser giebt sich ein Einfluss auf die Erscheinung an sich nicht kund. Zwingender kann diese Unabhängigkeit für die Concentration der Lösungen erwiesen werden, da letztere, wenn auch immerhin schwach, so doch in dem Verhältniss 1 : 1,5 : 3 stehen und dabei die Erscheinung selbst unverändert bestehen lassen, was ja die Uebersichstabellen 1—3 ohne Weiteres lehren.

Auch die verschiedene Geschwindigkeit des Stromes, die freilich aus vielen praktischen Gründen (S. 22) ebenfalls nur relativ kleine Schwankungen (ca.

4, 8, 10 Ctm. pr. Sec.) zuliess, ändert an der Thatsache der osmotischen Zunahme nichts. Es zeigen die Versuchsreihen VII b c, VIII c d, XIII b c und XIV c d im Verhältniss zu VII a, VIII a, XIII a und XIV a unverrückt höhere Zahlen der strömenden Diffusionsmengen gegenüber den ruhenden. Einzelne hiebei wie auch sonst beobachtete Ausnahmefälle führen zur letzten aufzuwerfenden Frage, ob etwa die Zeitdauer der Versuche die fragliche Erscheinung qualitativ umgestalte. Auf diesen Punkt werden wir noch mehrfach und eingehend zurückzukommen haben; allein an dieser Stelle schon kann bezüglich jener Ausnahmefälle eine sehr einfache und naheliegende Erklärung gegeben werden, welche dieselben aller irgendwie einschneidenderen Bedeutung entkleidet. Bei den Versuchsreihen VII a und b sind die relativen Diffusionsmengen nach 2 Stunden ruhend = 186, strömend = 169, letztere also kleiner, während die der ersten Stunde und die der späteren das umgekehrte, also normale Verhältniss zeigen. Geht man auf die Berechnung jener Zahlen aus den absoluten Diffusionsmengen und auf die mannichfachen kleinen Fehlerquellen zurück, welche sich für letztere Bestimmungen geltend machen (S. 33, 35), erkennt man aus dem Vergleiche der übrigen Zahlen jener Columnen, dass bei der für VII b benutzten kleinsten Stromgeschwindigkeit die Differenzen mit VII a überhaupt nur geringe sind, so wird man auch jene unerhebliche und widersinnige, ausnahmsweise Differenz von 186—169 mit Fug und Recht auf einen Beobachtungsfehler als Ursache zurückführen dürfen.

In noch höherem Grade gilt dieselbe Erklärung für die noch weit kleineren Differenzen, welche die Versuchsreihen VIII c u. d in der zweiten Stunde gegen VIII a (150 u. 155 gegen 155) und XI c in der ersten Stunde gegen XI a (99,5 gegen 100) offenbaren. Alle diese Differenzen und Ausnahmefälle können deshalb ebensowenig Etwas gegen die Thatsache der osmotischen Steigerung durch Strömung an sich beweisen, wie sie eine Abhängigkeit von der Zeitdauer darzuthun im Stande sind. Selbstverständlich wird übrigens von einer derartigen Irrelevanz der Zeit überhaupt nur die Rede sein können, solange die Concentrationsdifferenz eine constante oder doch, wie in meinen Versuchen, eine nur bis zu einem gewissen Grade (um $^1/_{10}$) abnehmende ist (S. 30).

Ja, wenn sich thatsächlich alle jene besprochenen Ausnahmefalle und der noch nicht berücksichtigte in Versuchsreihe VIII c u. d gegen VIII a in der ersten Stunde (67 u. 76 gegen 100) auffallender Weise lediglich auf die ersten Versuchsstunden beschränken, so würde man behufs deren natürlicher Erklärung sogar auf die Heranziehung fehlerhafter Beobachtung verzichten und statt dessen auf den allgemein bekannten Umstand verweisen können, dass alle Diffusionsbestimmungen zu Beginn eines Versuches die wenigst constanten und zuverlässigen sind, weil sich dann der störende Einfluss der Imbibition am stärksten geltend macht. Eben auf dieses Moment wird später noch die kritische Besprechung gelenkt werden müssen.

3. Ihrem Grade nach d. h. also quantitativ scheint die Steigerung der Membran-Exosmose durch Strömen der Lösung

abhängig von der specifischen Natur der Membran, von der Stromgeschwindigkeit und von der Zeitdauer,

unabhängig von der Concentration der Salzlösung

zu sein.

Die Uebersichtstabellen 1—3 liefern in ihren relativen Diffusions-Mengen zwar ein vollkommen richtiges und erschöpfendes Bild über den Verlauf der Erscheinung auch in quantitativer Beziehung — und wir werden davon gerade später ausgedehnten Gebrauch machen —, allein zur Ableitung der obigen Schlussfolgerungen geben wir ihrem Inhalte doch zweckmässiger eine andere Form. Denn hiefür kommt es nicht so sehr auf einen vollständigen Einblick in den Gang zweier zusammengehörigen Versuchsreihen an, als auf eine zahlenmässige Beurtheilung der Wirkungen in den verschiedenen Versuchsreihen. Diese gelangt am besten zum Ausdruck, wenn die jedesmaligen zusammengehörigen relativen Diffusionsmengen wieder allgemein vergleichbar (nicht blos in Beziehung auf diejenigen der Ersten Stunde ruhend) gemacht werden, was durch procentische Berechnung der dort gegebenen Zahlenwerthe »strömend« auf diejenigen gleicher Zeitdauer »ruhend« leicht geschieht. Der Ueberschuss über 100 giebt alsdann die Zahl der relativen Steigerung, welche nun für alle Versuchsreihen unmittelbar vergleichbar wird. Auf diese Weise berechnet sich z. B. aus Versuchsreihe III a und c aus den relativen Diffusionsmengen der sechsten Stunde 452 und 602 ein Verhältniss 100 : 133 oder eine Steigerung um 33 %, d. h. unter den sonstigen bei III herrschenden Versuchsbedingungen hat eine Strömung der Salzlösung von der Geschwindigkeit = ca. 8 Ctm. pr. Sec. nach sechs Stunden eine Steigerung der Diffusionsmenge um 33 % der im ruhenden Zustand ceteris paribus exosmosirten bewirkt.

Mit Rücksicht auf die sämmtlichen zur Discussion stehenden Schlussfolgerungen ist einer so berechneten Tabelle die folgende Form gegeben und dabei eine grössere Ausdehnung betreffs der verschiedenen Zeitdauer namentlich deshalb für unnöthig erachtet, weil hierüber doch noch weiter unten gesprochen werden muss.

Uebersichtstabelle 4.

Die Steigerung der Diffusionsmengen aus der strömenden Lösung,
ausgedrückt in % der in gleichen Zeiten aus der ruhenden Lösung erhaltenen Mengen, beträgt bei

Concentration	Pergamentpapier + Eiweiss.							Schweinsblase.						
	Vers.-Reihe	Stromgeschwind. b = ca. 4 Ctm.		Stromgeschwind. c = ca. 8 Ctm.		Stromgeschwind. d = ca. 10 Ctm.		Vers.-Reihe	Stromgeschwind. b = ca. 4 Ctm.		Stromgeschwind. c = ca. 8 Ctm.		Stromgeschwind. d = ca. 10 Ctm.	
		n. 4 Std.	n. 6 Std.	n. 4 Std.	n. 6 Std.	n. 4 Std.	n. 6 Std.		n. 4 Std.	n. 6 Std.	n. 4 Std.	n. 6 Std.	n. 4 Std.	n. 6 Std.
Schwächste = ca. 0,85 %	I	—	—	24 %	23 %	—	—							
	II	—	—	15 %	20 %	—	—							
	III	—	—	27 %	33 %	—	—							
Mittlere = ca. 1,30 %	IV	—	—	27 %	16 %	—	—	IX	—	—	17 %	14 %	—	—
	V	—	—	17 %	35 %	—	—	X	—	—	23 %	33 %	—	—
								XI	—	—	23 %	23 %	—	—
Stärkste = ca. 2,50 %	VI	—	—	15 %	40 %	—	—	XII	—	—	16 %	22 %	—	—
	VII	7 %	1 %	21 %	23 %	—	—	XIII	31 %	29 %	35 %	33 %	—	—
	VIII	—	—	14 %	—	11 %	—	XIV	—	—	23 %	—	28 %	—

Unmittelbar auffällig beim Anblick dieser Tabelle wirkt einerseits das Schwanken der Zahlen innerhalb ziemlich weiter Grenzen, selbst wenn man auch nur die zusammengehörigen Gruppen vergleicht, andererseits die Thatsache, dass diese Grenzen dennoch für alle Gruppen fast gleich sind. Fassen wir z. B. nur die sechsstündigen Beobachtungen am Pergamentpapier bei der Geschwindigkeit c = ca. 8 Ctm. ins Auge, so sehen wir Schwankungen innerhalb 16—40 %; dieselben vertheilen sich aber nicht etwa in irgend regelmässiger Weise über die verschiedenen Concentrationsgruppen, so dass die schwächste Concentration die niedrigsten, die stärkste Concentration die höchsten Zahlen darböte, sondern sie zeigen sich wieder in jeder einzelnen Gruppe. Es hat also z. E. VII c bei der stärksten (dreimal so starken) Concentration eine Steigerung nur von 23 % gegenüber einer solchen von 33 % bei der schwächsten Concentration in III c. Ein gleiches Bild liefern die vierstündigen Beobachtungen unter sich, und zu ganz den nämlichen Ergebnissen gelangt man, sobald man die Versuchsreihen mit Schweinsblase überblickt. Hieraus ergiebt sich direkt die behauptete Unabhängigkeit von der Concentration der Salzlösungen.

Will man nun aber dieses Schwanken an sich erklären, so bleibt dafür, weil eben alle übrigen Verhältnisse nahe oder ganz gleich sind, keine andere Deutung, als die specifische Natur der Membran in dem strengen, von mir schon mehrfach (S. 27) betonten Sinne. Und zwar macht sich dieselbe in so hohem Grade geltend, dass dadurch nicht allein die verschiedene Concentration, sondern auch sogar die verschiedenartige stoffliche Beschaffenheit der Membran völlig unterdrückt d. h. in ihrem etwaigen Einflusse unkenntlich wird, obschon man diese gemeiniglich und mit Recht als das erheblichste Moment für die specifische Wirkung einer Membran betrachtet. Die correlaten Beobachtungen mit Schweinsblase (Versuchsreihen IX—XIV) offenbaren nämlich die gleichen Grenzen der Schwankungen (14—35 %) wie bei dem Pergamentpapier, was nicht möglich wäre, wenn die so heterogene stoffliche Beschaffenheit (Substanz) der Membran einen wirklich entscheidenden Factor repräsentirte. Das eigentlich Maassgebende ist also die rein moleculare Structur, gegenüber welcher die stoffliche und histologische Verschiedenheit zurücktritt.

Hinsichtlich des Einflusses der Stromgeschwindigkeit stehen freilich nur wenige Beobachtungsdaten (VII, VIII, XIII, XIV) zu Gebote, allein die Mehrzahl derselben äussert sich doch in deutlicher Weise. Aus VII b c, XIII b c und XIV c d ist eine Zunahme der Steigerung mit wachsender Stromgeschwindigkeit ohne Weiteres ersichtlich; bei VIII c d offenbart sich zwar das Gegentheil, jedoch kann es bei der geringen Differenz (14 % : 11 %) fraglich bleiben, ob hier nicht Versuchsfehler sich geltend machen, auf deren unerlässliche Berücksichtigung bei der Kritik ich ja wiederholt hingewiesen habe. Halten wir uns deshalb an das zur Zeit vorliegende Beobachtungsmaterial, so dürfen wir die betreffende Abhängigkeit dahin näher präcisiren,

dass die Steigerung der Membran-Exosmose um so erheblicher wird, je grösser die Stromgeschwindigkeit der Salzlösung ist,

eine Folgerung, die übrigens fast selbstverständlich erscheinen möchte, nachdem ja die Thatsache einer Steigerung durch Strömung gegenüber dem Ruhestand an und

für sich zweifellos festgestellt ist. Ausserdem wird dieselbe durch die Ergebnisse der späteren Untersuchungen an phaneroporösen Diaphragmen eine weitere wesentliche Kräftigung erfahren, auf welche ich, weil stets auf rein experimentellem Boden stehend, nicht geringen Werth lege.

Um endlich den Einfluss der Zeitdauer in quantitativer Richtung zu erkennen, haben wir die in Uebersichtstabelle 4 verzeichneten Steigerungswerthe der 4 und 6stündigen Beobachtungen unter einander zu vergleichen, wobei demnach die Versuchsreihen VIII und XIV in Wegfall kommen. Die übrigen 14 Beobachtungen bieten nun aber kein übereinstimmendes Bild. Während bei den einen die Zahlen für 6stündige Versuchsdauer viel grösser sind, als für 4stündige (z. B. V), sind sie bei anderen ganz oder nahezu gleich (z. B. I, VII c, XI), bei wieder anderen sogar erheblich kleiner (z. B. IV). Ordnet man dieselben nach solchen Gesichtspunkten, so stellt sich heraus, dass 6 Versuchsreihen (II, III, V, VI, X, XII) eine Zunahme, 5 derselben (I, VII c, XI, XIII b und XIII c) eine gänzliche oder fast gänzliche Gleichheit und nur 3 derselben (IV, VII b, IX) eine Abnahme der Steigerung mit der Zeit aufweisen. Berücksichtigt man, dass von den letztgenannten die Versuchsreihe IX füglich noch in die zweite Gruppe gesetzt werden dürfte, dass also dann nur 2 Versuchsreihen (IV und VII b) eine wirkliche Ausnahmestellung gegenüber den anderen 12 einnehmen würden, und dass hierbei allerdings wohl eigenartige Störungen neben Versuchsfehlern zu gemeinsamer Wirkung kommen konnten, so wird man sich gerade durch die Versuchsergebnisse berechtigt fühlen, das Gesetz der Abhängigkeit von der Zeitdauer dahin zu formuliren, dass

> die Steigerung der Membran-Exosmose durch Strömung der Lösung ceteris paribus und bei Erhaltung der Concentrations-Differenz bis zu einem gewissen Grade (S. 30) mit zunehmender Zeitdauer bald wächst, bald constant bleibt.

Auch diese hier unmittelbar abgeleitete Folgerung wird durch die weiteren Untersuchungen eine volle Bestätigung und kräftige Unterstützung finden.

Ueber den Einfluss noch anderer Factoren wie z. B. der Temperatur oder der Membran-Dicke Kenntniss zu gewinnen, hat sich bei meinen Untersuchungen keine Gelegenheit geboten und wird sich auch die Möglichkeit hiefür experimentell nur schwer beschaffen lassen.

4. Bei der Membran - Exosmose strömender Salzlösungen gegen Wasser erfolgt entsprechend dem allgemeinen Gesetz osmotischer Aequivalenz stets ein dem Volum nach grösserer Eintritt von Wasser im Sinne der Endosmose. Ob die Strömung an sich und ob die verschiedene Stromgeschwindigkeit einen Einfluss auf die Grösse dieser Aequivalenz d. h. auf den osmotischen Aequivalentwerth ausübt, lässt sich mit Sicherheit nicht erkennen. Jedenfalls scheint eher eine Verminderung als eine Steigerung desselben einzutreten.

Die allgemeine und weniger bestimmte Fassung dieses vierten und letzten Versuchsergebnisses ist keine unbeabsichtigte, sondern sie soll grade dem weniger entschiedenen Character dieser Beobachtungsresultate Rechnung tragen.

Dem ganz allgemeingültigen Gesetze der Diffusion, also auch der Osmose, dass dieselbe eine doppelsinnige, auf einem Austausch des einen gegen einen zweiten Körper beruhende sei, musste man natürlich in meinen Versuchen volle Beachtung schenken und eine dahingehende Prüfung zuwenden, ob und in welchem Umfange etwa auch hier eine Abweichung von bekannten Erscheinungen sich offenbare.

Jenem Gesetze gemäss war also gegenüber dem Austritt von NaCl aus der ruhenden oder strömenden Salzlösung in den Diffusator ein entsprechender Eintritt von Wasser aus letzterem in die Salzlösung von Vorneherein zu erwarten und, da das NaCl überdies zu denjenigen Stoffen gehört, deren osmotisches Aequivalent grösser als Wasser ist, umsomehr vorauszusehen, dass sich dieser Austausch zugleich mit einer Volumverminderung des Diffusator-Inhaltes vollziehe. Kurz gesprochen musste in allen Versuchen, sofern sie gesetzmässig verlaufen sollten, der Inhalt des Diffusators am Ende einer jeden Versuchsreihe verringert erscheinen. Da dies thatsächlich immer der Fall war, so liess ich bei den älteren Untersuchungen eine genauere Bestimmung als gleichgültig fallen, bis ich durch spätere Wahrnehmungen zur Wiederaufnahme derselben veranlasst wurde. Derartige in dieser Beziehung ganz unverwerthbare oder doch minderzuverlässige Versuchsreihen sind I, II, IV, welche daher auch für die nachfolgenden Betrachtungen nicht in Frage kommen.

Ein Blick auf die Uebersichtstabellen 1—3, wo diese Inhaltsdifferenzen im Diffusator für »Ruhend« und »Strömend« in einer besonderen Rubrik zusammengestellt sind, zeigt nun allerdings ausnahmslos negative Vorzeichen der gefundenen Differenzen d. h. ja eben Abnahme am Ende des Versuches, und es wird damit die Uebereinstimmung meiner Versuche mit jenen allgemeinsten Gesetzen des osmotischen Austausches erwiesen.

Allein schon die dortigen Zahlen selbst rufen andererseits unwiderstehlich Zweifelfragen und den Trieb zu deren Beantwortung hervor. Denn wenn — um nur die hauptsächlichste sofort zu nennen — nach unferen früheren unbestreitbaren Ergebnissen die Strömung der Lösung ceteris paribus die Diffusionsmengen für gleiche Zeiten erheblich (bis zu 40 % bei 6stündiger Versuchsdauer) steigert, und wenn mit dem Eintritt grösserer Salzmengen in den Diffusator ein entsprechend wachsender Austritt von Wasser aus demselben verknüpft sein soll, so müsste natürlich die Inhaltsdifferenz für »Strömend« stets grösser sein als die für »Ruhend« der zusammengehörigen Versuche, und zwar in richtigem Verhältniss zu der eingetretenen Steigerung. Von diesen beiden Consequenzen offenbaren aber jene Zahlen fast das grade Gegentheil. In der Mehrzahl der Fälle (6) sind die Inhaltsdifferenzen (Austrittsmengen des Wassers) für Ruhend und Strömend einander ganz gleich, in einem Falle sogar Strömend kleiner, und in den übrigen (4) Fällen zwar grösser für Strömend, allein immer um dieselbe Menge (= 1 CC.), obschon die Steigerung der Diffusionsmengen in den betreffenden Versuchen zwischen 23 % und 33 % schwankt. Dieser beachtenswerthe Widerspruch weckte natürlich

wieder den Gedanken an die Möglichkeit, ob denn vielleicht doch die strömende Bewegung der Flüssigkeit einen unbekannten, eigenartigen Einfluss auch auf diesen endosmotischen Vorgang ausübe, und wie derselbe sich etwa quantitativ gestalte. Die glückliche Austragung dieses Gedankens stösst nun leider auf zwei so schwer zu bewältigende Hemmnisse, dass ich vorweg zugestehe, zu endgültigen und abschliessenden Ergebnissen nicht gekommen zu sein. Andererseits aber möchte ich doch nicht auf eine weitere Entwicklung desselben an dieser Stelle verzichten, da sie neben manchem Thatsächlichen von Interesse auch einige Anregung für die Fortsetzung dieser Forschungen von anderer Seite bieten dürfte.

Das eine Hemmniss liegt in der nur annähernden Zuverlässigkeit der absoluten Zahlenwerthe für jene Inhaltsdifferenzen (s. oben S. 34). Die Ausmessung des Diffusatorinhaltes geschah zu Beginn des Versuches in der Weise, dass der mit Membran überspannte Diffusator auf eine ebene Glasplatte gestellt und dann aus einem bis zu einem gegebenen Scalenstrich mit Wasser gefullten Messcylinder bis zu der erforderlichen Marke gefüllt wurde, somit der Unterschied die Anzahl eingegossener Cubikcentimeter Wasser ergab, während am Ende des Versuches der aussen schnell abgetrocknete Diffusator thunlichst vollkommen in denselben jetzt leeren Messcylinder entleert und so die noch vorhandenen Cubikcentimeter direkt abgelesen wurden. Dass diese Methode keinen Anspruch auf grosse Genauigkeit erheben kann, ja dass ihre Fehlerquellen viel grösser sind, als die durch Vernachlässigung der Correctionen für Temperaturverschiedenheiten u. s. w. entstehenden, weiss ich sehr wohl, allein es ist mir nicht gelungen, bei der einmal gegebenen Beschaffenheit und Grösse meiner Apparate einen anderen verheissungsvolleren Weg ausfindig zu machen. Dazu kommt ferner noch, dass ja das Endvolum (z. B. nach 6stündiger Versuchsdauer) überdies mit allen den Fehlerquellen belastet ist, welche durch das sechsmalige Entnehmen der 5 CC. Versuchsprobe und das sechsmalige Wiedereinfüllen der 5 CC. reinen Wassers mittels der Pipette, wenn auch immer derselben, nothwendig verknüpft sind. Auch diese Beeinträchtigung der Zuverlässigkeit jener Volumbestimmungen wäre nicht anders zu heben gewesen als durch eine ganz andere Anordnung meiner Versuche, auf welche aber gerade nach den früheren (S. 14 ff., 32 ff.) eingehenden Begründungen im Hinblick auf die Hauptfragen besonderer Werth gelegt werden musste. In vollem Bewusstsein aller dieser Mängel würde ich mich kaum gewundert haben, wenn die fraglichen Werthe die allerverschiedensten Zahlengrössen und also ein ganz verworrenes Bild dargeboten hätten. Da dieselben aber, wie schon erwähnt und wie wir gleich weiter erkennen werden, thatsächlich nur zweierlei Erscheinungen aufdecken und innerhalb einer jeden Versuchsgruppe eine wahrhaft seltsame Uebereinstimmung bekunden, so glaube ich mich zu der auch nicht so unwahrscheinlichen Annahme berechtigt, dass eben jene Fehlerquellen sich im Grossen und Ganzen wechselseitig ausgleichen und somit ein immerhin noch brauchbares Material übrig lassen. Selbstverständlich wird man zur Erklärung ganz vereinzelt stehender Ausnahmefälle mit Recht auf jene Fehlerquellen zurückgreifen dürfen, und ich stehe z. B. nicht an, die Erscheinung der Versuchsreihe III a c, wo die Inhaltsdifferenz (das eingetretene Wasservolum) »Strömend«

kleiner ist als »Ruhend«, trotzdem dort um 33 % mehr NaCl exosmosirte, durch Messungsfehler zu deuten, also in ihrer Beweiskraft ungültig zu machen. Ebenso ferne liegt mir der Glaube, dass die absoluten Zahlen für die CC. wirklich genau wären, sondern ich habe auf Grund meiner vielen Beobachtungen allen Anlass, für dieselben eine Fehlergrenze von etwa $\pm$ 1/2 CC. bereitwilligst zuzugestehen.

Aus den im Vergleiche der verschiedenen Gruppen von Versuchsreihen hervortretenden Unterschieden der Volumdifferenzen (z. B. 4 CC. bei IX a c, 7 und 8 CC bei X a c und 2 CC bei XII a c) darf hingegen keinesweges ein Einwand gegen das eben Gesagte entnommen werden; denn diese Abweichungen kann man auf ganz andere wirksame Ursachen zurückführen. Wir nähern uns hiemit der Erörterung des zweiten Hemmnisses für eine entscheidende Ausnutzung unserer Beobachtungsdaten. Mit Rücksicht auf deren wünschenswerthe Anschaulichkeit sei es wiederum gestattet, aus den früheren Zahlentafeln unter Ausschluss der schon oben beanstandeten Versuchsreihen I, II, IV eine neue

Uebersichtstabelle 5 (Siehe umstehend)

zu extrahiren.

Um nämlich jene Gruppendifferenzen sachlich zu erklären, hätte man sich zunächst zu erinnern, dass die absolute Menge CC. endosmosirten Wassers grade nach dem Gesetze des osmotischen Aequivalentes abhängig ist von der absoluten Menge exosmosirten Chlornatriums, dass also jene Unterschiede wirklich auf nichts Anderem beruhen könnten, als auf der Verschiedenheit der absoluten Diffusionsmengen in den betreffenden Versuchsreihen, während wir bisher stets nur die relativen ins Auge fassten. Diesem Erforderniss richtiger Kritik soll die Tabelle 5 Genüge thun. Ein Blick in letztere belehrt aber nun sofort, dass den grösseren Volumabnahmen (z. B. von 4 CC in VI, IX, XI oder 7—8 CC in X) keineswegs die grösseren absoluten Diffusionsmengen gegenüber den geringeren Volumabnahmen (von 1—2 CC in V, VII, VIII, XII, XIII, XIV) entsprechen. Vielmehr hat, sofern der Vergleich naturgemäss auf die nämlichen Hauptbedingungen (Pergament-Papier einerseits, Schweinsblase andererseits) eingeschränkt wird, das grade Gegentheil Statt hat. Wie ist Dies nun zu deuten?

Die von *Vierordt* und *Jolly* zuerst gebrachte Aufstellung des »endosmotischen Aequivalentes« und namentlich die von letztgenanntem Forscher aus seinen umfassenden Untersuchungen abgeleiteten Werthe desselben für verschiedene Substanzen statuirten für einen und denselben Stoff eine gewisse Constanz des osmotischen Aequivalentes, welches nur in geringem Grade mit den Temperaturen schwanke. Wäre Dies richtig, so müssten allerdings, da in unseren sämmtlichen Versuchsreihen die Temperaturdifferenzen sehr geringe waren, die grösseren Volumabnahmen durch grössere Mengen aufgenommenen Kochsalzes verursacht sein. Da Dies ersichtlich nicht der Fall, so giebt es nur eine Alternative, entweder ist jene Annahme von der Constanz des Aequivalentes unzulässig, oder es sind zunächst meine Zahlenwerthe sei es durch die oben besprochenen Fehlerquellen, sei es durch andere Factoren beeinflusst. Schon die numerische Vergleichung lässt uns zu einem Entscheide gelangen. *Jolly* hat das osmotische Aequivalent für NaCl bei mittleren Temperaturen = 4,5 gefunden, d. h. bei dem osmotischen

Uebersichtstabelle 5.

Die Volumabnahmen im Diffusator = Endosmosirte Wassermengen im Vergleiche zu den absoluten Mengen exosmosirten Kochsalzes.

	Pergamentpapier + Eiweiss.						Schweinsblase.					
Concentration der Salzlösung	Versuchs-Reihe No.	Versuchs-Reihe Dauer Stunden	Absol. Diff.-Menge Ruhend Ctmilligrm. NaCl	Entspr. Volum-Abnahme im Diffusator	Absol. Diff.-Menge Strömend c = ca 8 Ctm. Ctmilligrm. NaCl	Entspr. Steigerung der Diff.-Menge durch Strömung	Versuchs-Reihe No.	Versuchs-Reihe Dauer Stunden	Absol. Diff.-Menge Ruhend Ctmilligrm. NaCl	Entspr. Volum-Abnahme im Diffusator	Absol. Diff.-Menge Strömend c = ca. 8 Ctm. Ctmilligrm. NaCl	Entspr. Steigerung der Diff.-Menge durch Strömung
Schwächste = ca. 0,85 %	III a	6	7387	3 CC	—	—						
	III c	6	—	2 ,,	9839	33 %						
Mittlere = ca. 1,30 %							IX a	6	13140	4 CC	—	—
							IX c	6	—	4 ,,	15015	14 %
	V a	6	8820	2 ,,	—	—	X a	6	9394	7 ,,	—	—
	V c	6	—	2 ,,	11884	35 %	X c	6	—	8 ,,	12480	33 %
							XI a	6	12758	3 ,,	—	—
							XI c	6	—	4 ,,	15692	23 %
Stärkste = ca. 2,50 %	VI a	6	17934	4 ,,	—	—	XII a	6	28205	2 ,,	—	—
	VI c	6	—	4 ,,	25136	40 %	XII c	6	—	2 ,,	34406	22 %
	VII a	6	24194	1 ,,	—	—	XIII a	6	36270	2 ,,	—	—
	VII c	6	—	2 ,,	29732	23 %	XIII c	6	—	2 ,,	48210	33 %
	VIII a	4	18966	2 ,,	—	—	XIV a	4	27785	1 ,,	—	—
	VIII c	4	—	2 ,,	21618	14 %	XIV c	4	—	2 ,,	34186	23 %

Austausche von Kochsalz gegen Wasser sollen stets 1 grm. NaCl 4,5 grm. Wasser und vice versa ersetzen, wofür innerhalb unserer Versuchstemperaturen (6—13° C.) anstandslos 4,5 CC. Wasser substituirt werden kann. Demnach müsste entsprechen

eine Volumabnahme im Diffusator (Verschwundenes Wasser).	einer daselbst aufgenommenen Menge NaCl in Centimilligrm.
1 CC.	22222
1,5 »	33333
2 »	44444
3 »	66667
4 »	88889

Selbst bei weitgehendster Anerkennung einer an unseren Zahlen für die Volumabnahme anzubringenden, oben berührten Correction von mindestens ± ½ CC. würden dennoch nur die Versuchsreihen VII a c, XII a c, XIII a c und XIV mit dieser Berechnung annähernd übereinstimmen, wie aus folgender Tabelle ersichtlich ist.

Versuchs-Reihe	Beobachtete		Berechnete (nach dem Aequivalent = 4,5 [Jolly])	
	Exosmosirte absolute NaCl-Menge in Centimilligrm.	Volum-Abnahme in CC	bei einer angenommenen Volum-Abnahme in CC	Exosmosirte absolute NaCl-Menge in Centimilligrm.
VII a	24194	1	1⅛	24999
VII c	29732	2	1⅜	30554
XII a	28205	2	1¼	27777
XII c	34406	2	1½	33333
XIII a	36270	2	1⅝	36110
XIII c	48210	2	2⅙	48148
XIV a	27785	1	1¼	27777
XIV c	34186	2	1½	33333

Alle übrigen Versuchsreihen würden aber mit jener Berechnung geradezu im vollsten Gegensatze stehen, weil bei ihnen den Volumabnahmen von 3, 4, 7 und 8 CC. aufgenommene NaCl-Mengen gegenüberstehen, denen darnach kaum ½ — 1 CC. Wasserverlust entspräche. Und da die Versuche selbst in durchaus gleicher Weise und mit allen Cautelen der Experimentirkunst durchgeführt sind, so wird es doch schon nahe liegen, die Ursache für diesen Gegensatz nicht in jenen, sondern vielmehr in der Unzulässigkeit der allgemein gültigen Berechnung d. h. des Principes von der Constanz des endosmotischen Aequivalentes zu finden.

Nun hat aber bereits vor längerer Zeit *Graham* u. A. in seinen ausgezeichneten Arbeiten nachgewiesen, dass das Gesetz des endosmotischen Aequivalentes in der That

kein einfach gültiges sei, vielmehr noch von verschiedenen Factoren beeinflusst werde. Unter diesen tritt denn auch die Concentrationsstärke in den Vordergrund und zwar in dem Sinne, dass das Aequivalent bei schwächeren Concentrationen grösser sei als bei stärkeren. Unsere Daten für IX und XI gegenüber XII, XIII und XIV können wirklich als direkte Belege hiefür angesehen werden, indem sich aus den beiden ersteren für eine Concentration von ca. 1,30 % übereinstimmend ein osmotisches Aequivalent von ungefähr 25 berechnet, während für die letzteren bei einer doppelt so starken Concentration (ca. 2,50 %) das *Jolly*'sche = 4,5 gilt. Dabei würden die Versuchsreihen XI und XII besonders beweiskräftig sein, weil sie mit der gleichen Schweinsblasenmembran No. 3 angestellt sind, und es wäre nicht minder beachtenswerth, dass gerade die drei letztgenannten Versuchsreihen, also alle mit der gleichen Concentration 2,50 % ausgeführten, auf die gleiche Aequivalentzahl = 4,5 hindeuten. Eine Ausnahmestellung nimmt Versuchreihe X ein, aus deren Zahlen sich ein viel höheres Aequivalent (ungefähr 65—70) berechnen würde, obschon bei ihr mit derselben Concentration wie bei IX und XI gearbeitet wurde. Allein hier ergiebt sich ein weiterer für die ganze Frage wie für die Kritik der Beobachtungen sehr bemerkenswerther Fingerzeig. In Versuchreihe X ist nämlich (s. oben S. 41) zum Unterschiede von allen anderen nicht Schweinsblasenmembran für sich, sondern eine mit Eiweiss überstrichene zur Anwendung gekommen, und es liegt somit sehr nahe, die thatsächliche Ausnahmestellung auf diesen Umstand zurückzuführen und damit die Bedeutung der specifischen Natur der Membran auch für das Princip der osmotischen Aequivalenz zur Geltung zu bringen. Gerade im Hinblick auf die sonst zur selben Gruppe gehörigen und übereinstimmenden Versuchsr. IX und XI dürfte aus Versuchsr. X überzeugend hervorgehen, dass die specifische Natur der Membran ein ebenfalls sehr in Betracht zu ziehender Factor bei der Bestimmung der osmotischen Aequivalentzahlen sei. Mit diesem Ergebniss bereichert werden nun auch die Unregelmässigkeiten deutungsfähig, welche uns die Versuchsr. V und VI aus zwei verschiedenen Concentrationsgruppen, und VI, VII, VIII innerhalb einer solchen darzubieten scheinen; es gewährt jedoch nicht Interesse genug, Dies hier im Einzelnen auszuführen. Auch die durch mehr oder minder gewaltsame Correctionen der beobachteten Volumabnahmen erzielte Uebereinstimmung der Versuchsr. VII, XII, XIII und XIV mit der *Jolly*'schen Aequivalentzahl kann jetzt als ganz nebensächlich angesehen werden. Denn übt einmal, wie doch wahrscheinlich gemacht, die specifische Natur der Membran einen Einfluss auf die Grösse der Austauschmengen, so werden die Abweichungen der Versuchsr. VII und XII, bei denen jene erforderliche Correction eine sehr erhebliche sein musste, sehr wohl durch dieses Moment erklärt werden dürfen, und wenn dann im Gegensatze zu XII die Versuchsreihen XIII und XIV trotz gleicher Concentration wirklich ohne Zwang zu der *Jolly*'schen Aequivalentzahl führen, so wird auch Dies begreiflich, weil für letztere beiden übereinstimmend gespaltene, also eine specifisch recht verschiedene, Schweinsblase verwendet worden war.

Aus der ganzen vorstehenden Zwischenbetrachtung geht demnach hervor, dass die zwischen den verschiedenen zusammengehörigen Versuchsreihen her-

vortretenden Unterschiede in den der beobachteten Volumabnahmen und ihre Nichtproportionalität mit den absoluten Diffusionsmengen keineswegs auf Beobachtungsfehler zurückgeführt werden müssen, sondern vielmehr auf der Abhängigkeit der osmotischen Aequivalenz von der Concentration der Lösungen und der specifischen Natur der Membran beruhen.

Nachdem somit das Vertrauen in die relative Zuverlässigkeit und Brauchbarkeit unserer Zahlen erheblich gestärkt ist, können wir zu der uns eigentlich interessirenden Frage zurückkehren, ob und welchen Einfluss die Strömung der einen Lösung auf die endosmotische Aufnahme, d. h. auf die osmotische Aequivalentzahl, ausübe. Zu dem Ende haben wir die Inhaltsdifferenzen der zusammengehörigen Versuchsreihen »ruhend« und »strömend« unter einander zu vergleichen und aus diesem Vergleich das allgemeine Ergebniss zu ziehen. Schon früher (S. 53) ist nachgewiesen, dass unsere Versuche eine zwiefache Erscheinung darbieten, nämlich in 6 Fällen, wenn wir von Versuchsreihe III absehen (S. 54, 55), Gleichheit der Volumabnahmen ruhend und strömend, in 4 Fällen eine um 1 CC. grössere Volumabnahme strömend als ruhend. Inwieweit nun Dies der einfachen osmotischen Aequivalenz entspricht, oder aber eine Steigerung oder Verminderung derselben durch die Strömung andeutet, kann erst durch eine weitere Erörterung klar gestellt werden. Unter Zugrundelegung der übrigens vollberechtigten Annahme, dass die am Schlusse jeder ruhenden Versuchsreihe gefundenen Werthe für die Diffusionsmenge und die Volumabnahme (Inhaltsdifferenz) das für diese speciellen Versuchsverhältnisse gültige osmotische Aequivalent für Kochsalz und Wasser angeben — wobei freilich von den unseren Zahlenwerthen anhaftenden Fehlern abgesehen werden muss — lässt sich aus der durch die bestimmte Stromgeschwindigkeit hervorgerufenen Steigerung der Diffusionsmenge die jener einfachen Aequivalenz entsprechende Volumabnahme für die strömende Versuchsreihe berechnen. Der Vergleich zwischen den so berechneten und den beobachteten Zahlen, unter Berücksichtigung der den letzteren zuerkannten Fehlergrenzen ($\pm \frac{1}{2}$ CC), ergiebt dann sofort den gewünschten Einblick. Aus Tabelle 5 erhält man auf diese Weise die Werthe

Beobachtet < Berechnet				Beobachtet = Berechnet				Beobachtet > Berechnet			
V.	2	:	$2^2/_3$								
VI.	4	:	$5^1/_2$					VII.	2	:	$1^1/_4$
				VIII.	2	:	$2^1/_4$				
				IX.	4	:	$4^1/_2$				
X.	8	:	$9^1/_3$								
				XI.	4	:	$3^3/_4$				
				XII.	2	:	$2^1/_2$				
XIII.	2	:	$2^2/_3$					XIV.	2	:	$1^1/_4$
d. h. also eine Verminderung				d. h. also ohne Einfluss				d. h. also eine Steigerung			

und somit das Resultat, dass in 4 Fällen eine Verminderung, in 2 Fällen eine Steigerung der Aequivalenz durch die Strömung beobachtet wurde, während in 4 Fällen ein Einfluss derselben überhaupt nicht zu constatiren ist.

Diesem Ergebnisse wird man eine entscheidende Schlussfolgerung zu entnehmen kaum geneigt sein, zumal wenn man sich die mannichfachen von mir absichtlich und überall betonten Schwierigkeiten und Mängel der Ableitung dabei vergegenwärtigt. Ob also die osmotische Aequivalenz, d. h. das den Austausch der beiderseitigen Bestandtheile beherrschende Zahlengesetz durch die strömende Bewegung der Salzlösung beeinflusst werde, muss fraglich bleiben. Jedenfalls ist aber, wenn überhaupt eine Abhängigkeit derselben besteht, eine Verminderung der Aequivalenz durch Strömung viel wahrscheinlicher als eine Steigerung.

Mit dieser zwar bescheidenen, jedoch immerhin interessanten Errungenschaft müssen wir uns begnügen. Unter allen Umständen wollte ich auf deren Mittheilung an dieser Stelle nicht verzichten; denn wo immer von Exosmose gesprochen und an derselben studirt wird, zwingt sich die davon untrennbare Endosmose der Betrachtung mit gleichem Rechte auf, und hätte ich diesen Zwang stillschweigend ignorirt, so würde man diese Lücke in meinen Gesammtuntersuchungen mit Fug getadelt haben.

Die Versuche zur Erklärung der neuen Beobachtungen.

Wenn im vorigen Abschnitte das Thatsächliche der neuen Erscheinungen in hervortretender Zusammenfassung gegeben wurde, so ist dabei auf eine Erklärung derselben nicht eingegangen, vielmehr die Besprechung der hiefür aufzustellenden Möglichkeiten dem folgenden besonderen Abschnitte vorbehalten worden.

Den Gedanken, die geschilderten Versuchsergebnisse auf verborgen wirkende Fehlerquellen oder nicht berücksichtigte, für die Osmose einflussreiche Factoren zurückzuführen, glaube ich auf Grund des ganzen Untersuchungsplanes, der Construction meiner Apparate, der Anordnung meiner Versuche und der kritischen Besprechung ohne Weiteres als unzulässig bezeichnen zu dürfen, da überall gerade mein Hauptbestreben gewesen ist, gegen derartige Trübungen sicher gestellt zu sein.

1. Die Erklärung derselben als Anfangserscheinung.

Anders liegt es dagegen mit einer Deutung, deren verlockenden Character ich keineswegs verkannt habe und welche mich daher auch, um über ihre Zulässigkeit entscheiden zu können, zu neuen experimentellen Untersuchungen und anderen allgemeinen Betrachtungen veranlasst hat. Es wäre nämlich denkbar, dass die in meinen Versuchen nachgewiesene Steigerung der Exosmose durch strömende Bewegung der Salzlösung lediglich eine Anfangserscheinung sei, deren Wirksamkeit nach Herstellung eines stabilen Gleichgewichtszustandes zwischen den beiderseitigen Flüssigkeiten und der

Membran aufhöre. Es lässt sich hiefür eine gewisse Analogie in dem Einflusse finden, welchen z. B. die Imbibition (Quellung) auf die Diffusionsmengen der ersten Stunden ausübt, und zwar scheint eine andere aus einem Blicke auf die relativen Diffusionsmengen der Uebersichtstabellen 1—3 sich ergebende Thatsache diese Analogie zu verstärken. Es zeigt sich dort, dass jene durch Strömung bewirkte Steigerung oft gerade in der ersten Stunde selbst innerhalb derselben Gruppe von Versuchsreihen in ausserordentlich weiten Grenzen sich bewegt, während Dies später nicht mehr der Fall ist (Uebersichtstabelle 4), ja dass in einzelnen Fällen (VII, VIII, XI) zu Anfang eine kaum bemerkbare Steigerung oder sogar statt ihrer eine Verminderung eintritt. Allerdings haben wir es hier mit der gemeinsamen Wirkung der Imbibition und Strömung zu thun und es ist schon früher (S. 29, 49) auf die Bedeutung der ersteren zur Erklärung dieser Abweichungen hingewiesen, aber eben die Unmöglichkeit, die einzelnen Componenten dieser complexen Grösse quantitativ zu bestimmen, lässt immer noch die Frage offen, ob nicht auch die Strömung selbst an diesen speciellen Anfangserscheinungen betheiligt sei. Wenn sie es aber an diesen wäre, dann könnte auch der generelle Einfluss derselben eine solche Anfangserscheinung sein, die sich nur auf etwas längere Zeitdauer nachwirkend erweist, als es bei der Imbibition allein geschieht. Damit würde dann freilich die allgemeine Bedeutung und Tragweite meiner Versuchsergebnisse in erheblichster Weise herabgedrückt werden.

Experimenteller Gegenbeweis.

Zweifellos ist nun schon eine solche Nachwirkung, welche sich noch auf 6 Stunden hin geltend macht, kaum wahrscheinlich, allein ich zog doch vor, auch experimentell durch Verlängerung der Versuchsdauer als durch das entscheidendste Moment ein endgültiges Urtheil über jene Hauptfrage zu gewinnen. Zu dem Ende dehnte ich zwei zusammengehörige Versuchsreihen auf 11 Stunden aus und theile hier deren Resultate mit.

Versuchsreihen XV—XVI

mit 11stündiger Versuchsdauer. Pergamentpapier + Eiweiss.

Schwächste Concentration (ca. 85 %). Mittlere Geschwindigkeit (ca. 8 Ctm.).

Versuchsreihe XV. Diffusator I. Membran No. 1.

XV a Ruhend Datum 24. Nov. 80. Dauer 9^{40}—8^{40}

Niveau innen } b. Marke 6,5 » aussen } — Inhalt d. Diffus. { Anfang 170 CC. { Ende ? » } Mittel 170 CC.

Inhalt z. Berechn. 170 CC. Gesammtmenge $M_n = 34\,a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Aeussere Flüssigkeit		Menge exosmosirtes NaCl		
	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	nach n Stunden M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	6	0,83	—	—	—
1	—	—	a_1 40	1360	100
2	—	—	a_2 60	2080	153
3	—	—	a_3 95	3330	245
4	6	0,84	a_4 130	4615	339
5	—	—	a_5 160	5765	424
6	—	—	a_6 175	6435	474
7	6	0,83	a_7 190	7120	524
8	—	—	a_8 210	7990	588
9	—	—	a_9 240	9220	678
10	—	—	a_{10} 260	10140	746
11	—	—	a_{11} 280	11080	815

NB. Der Inhalt am Ende ist nicht bestimmt, war aber etwas kleiner; die Endzahlen für die berechneten Diffusionsmengen sind daher etwas zu gross.

XV c Strömend Datum 26. Nov. 80. Dauer 9^{10}—8^{10}

Niveau innen b. Marke 6,2 — Manom. aussen » » 7 — Inhalt d. Diffus. { Anfang 165 CC. { Ende ? » } Mittel 165 CC.

Inhalt z. Berechn. 165 CC. Gesammtmenge $M_n = 33\,a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Aeussere Flüssigkeit			Menge exosmosirtes NaCl		
	Ausfluss-Menge CC in 1 Sec.	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	nach n Stunden M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	145	7	0,86	—	—	—
1	—	—	—	a_1 50	1650	121
2	—	—	—	a_2 90	3020	222
3	—	—	—	a_3 130	4430	326
4	—	—	—	a_4 165	5715	420
5	135	6,5	0,83	a_5 190	6705	493
6	—	—	—	a_6 220	7885	580
7	—	—	—	a_7 250	9095	669
8	140	6	0,85	a_8 285	10500	772
9	—	—	—	a_9 320	11940	878
10	—	—	—	a_{10} 360	13580	999
11	—	—	—	a_{11} 385	14765	1086

NB. Der Inhalt am Ende ist nicht bestimmt, war aber etwas kleiner; die Endzahlen für die berechneten Diffusionsmengen sind daher etwas zu gross.

Versuchsreihe XVI. Diffusator II. Membran No. 2.

XVI a Ruhend Datum 26. Nov. 80. Dauer 9^{20}—8^{20}

Niveau innen } b. Marke 6,2 » aussen } — Inhalt d. Diffus. { Anfang 165 CC. { Ende ? » } Mittel 165 CC.

Inhalt z. Berechn. 165 CC. Gesammtm. $M_n = 33\,a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	8	0,86	—	—	—
1	—	—	a_1 35	1155	100
2	—	—	a_2 70	2345	203
3	—	—	a_3 110	3735	323
4	—	—	a_4 150	5165	447
5	—	—	a_5 180	6305	546
6	9,5	0,85	a_6 210	7475	647
7	10	—	a_7 250	9005	780
8	10	0,86	a_8 280	10245	887
9	—	—	a_9 300	11185	968
10	—	—	a_{10} 325	12310	1065
11	—	—	a_{11} 350	13460	1165

NB. Der Inhalt am Ende ist nicht bestimmt, war aber etwas kleiner; die Endzahlen für die berechneten Diffusionsmengen sind daher etwas zu gross.

XVI c Strömend Datum 24. Nov. 80. Dauer 9^{30}—8^{30}

Niveau innen b. Marke 6,2 — Manom. aussen » » 7 — Inhalt d. Diffus. { Anfang 165 CC. { Ende ? » } Mittel 165 CC.

Inhalt z. Berechn. 165 CC. Gesammtmenge $M_n = 33\,a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Ausfluss-Menge CC in 1 Sec.	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	140	6	0,85	—	—	—
1	—	—	—	a_1 50	1650	143
2	—	—	—	a_2 90	3020	261
3	—	—	—	a_3 135	4595	398
4	140	5	0,83	a_4 165	5720	495
5	—	—	—	a_5 190	6710	581
6	—	—	—	a_6 210	7560	655
7	130	5	0,82	a_7 240	8760	759
8	—	—	—	a_8 290	10650	923
9	132	6	—	a_9 315	11765	1020
10	—	—	—	a_{10} 350	13235	1146
11	—	—	—	a_{11} 375	14410	1248

NB. Der Inhalt am Ende ist nicht bestimmt, war aber etwas kleiner; die Endzahlen für die berechneten Diffusionsmengen sind daher etwas zu gross.

Vergleicht man nun diese Versuchsdaten mit den früheren, so stellt sich ein unverändert gleiches Bild dar. Die relativen Diffusionsmengen wachsen ungestört bis zum Ende der 11. Stunde, so dass also z. B. bei XV in 6 Stunden ruhend das 4,7-, strömend das 5,8-fache, dagegen in 11 Stunden ruhend das 8,1-, strömend aber das 10,9-fache der ersten Stunde ruhend exosmosirte. Ebenso offenbart sich eine Steigerung der Exosmose im Sinne der Uebersichtstabelle 4 für

	XV	XVI
nach 4 Stunden um	24 %	11 %
» 6 » »	23 %	1 %
» 11 » »	33 %	7 %

also im Wesentlichen wiederum in ganz derselben Art und Grösse, wie für die dort aufgeführten Versuchsreihen. Wenn aber Versuchsreihe XVI gewisse Unregelmässigkeiten darbietet, so liegt Dies vor Allem daran, dass die Versuche »ruhend« bei höherer Temperatur als diejenigen »strömend« ausgeführt wurden und dass diese Temperaturdifferenz selbst nicht constant blieb, sondern in den ersten 3 Stunden nur 2°, später aber 4—5° C. betrug. Eine Ausdehnung der Versuchsdauer auf 11 Stunden verändert demnach den Gesammtcharacter der Erscheinung in keiner Weise, sondern bestätigt alle früher gefundenen Gesetze derselben.

Das Gesetz der beobachteten Erscheinungen als Gegenbeweis.

Ist mithin die vermeintliche Erklärung als Anfangserscheinung schon auf diesem empirischen Wege fast ganz in den Hintergrund gedrängt, so können wir dieselbe gegenüber dem weitgehendsten Scepticismus betreffs meiner Versuche doch nur dann endgültig widerlegen, wenn wir zu einer allgemeinen Betrachtung zurückkehren, welche uns in anschaulichster Weise das der Gesammterscheinung zu Grunde liegende Gesetz enthüllt. Die Diffusionsmengen, die ja der Ausdruck des Effectes aller einzelnen Factoren sind, stellen sich sowohl für ruhende als strömende Diffusion in erster Linie als einfache Functionen der Zeit

$$M_t = \varphi(t)$$

dar, vorausgesetzt, dass die äusseren Versuchsverhältnisse, also namentlich auch die Concentrationsdifferenz (s. oben S. 30), von Anfang bis zu Ende die gleichen bleiben. Die Art dieser Function wird aber zweifelsohne am schnellsten mittels der graphischen Methode erkannt werden.

Schon aus diesem Grunde glaube ich hier mit Recht die graphische Darstellung der bisherigen Versuchsergebnisse auf den anliegenden

Curventafeln 1—4

einschalten und zur Discussion stellen zu müssen. Zugleich verknüpft sich damit der weitere nicht zu verachtende Vortheil, Alles in kürzester und anschaulichster Form und doch nur als schlichten Ausdruck der Thatsachen noch einmal recapitulirt zu sehen.

Die Construction der Curventafeln bedarf keiner weiteren Bemerkungen; dieselben werden nach den auf ihnen selbst angebrachten Erläuterungen sofort verständlich.

Nur über zwei Puncte ist eine kurze Auseinandersetzung nöthig. Dass ich die relativen und nicht die absoluten Diffusionsmengen zur Grundlage wählte, ist zunächst mit Rücksicht auf die über letztere mehrfach (S. 36) gemachten Bemerkungen und auf den ganzen Plan meiner Untersuchung geschehen, welcher ja nur von dem Vergleich je zweier zusammengehöriger Versuchsreihen ausgeht. Man wird deshalb auch bei einer Beurtheilung der Tafeln vor Allem das »Paar zusammengehöriger Curven« ins Auge zu fassen haben. Sodann waren noch äusserliche Gründe entscheidend dafür, weil bei den grossen Differenzen in den absoluten Zahlenwerthen, namentlich auch im Hinblick auf die späteren Versuchsreihen XXI—XXIX, die räumliche Ausdehnung der Tafeln unverhältnissmässig gross hätte sein müssen, um die Deutlichkeit und Uebersichtlichkeit nicht zu beeinträchtigen. Zweitens glaubte ich auf die graphische Darstellung einiger Versuchsreihen (IV, V, XV und XVI) verzichten zu dürfen, theils weil sie, wie IV und V, nur zwei Paare Versuchsreihen von gleichen Versuchsbedingungen umfassen, theils weil sie wie XV und XVI, einen zu grossen Raum beansprucht hätten, der um so ungerechtfertigter gewesen, als ja Versuchsreihe XV nur die Fortsetzung von Versuchsreihe I ist, also in den ersten 6 Stunden ganz mit letzterer übereinstimmt. Vorweg aber soll hiebei die Bemerkung nicht unterdrückt werden, dass diese Weglassung in keiner Weise die aus den übrigen Tafeln zu ziehenden Schlussfolgerungen berührt; denn construirt man, wie ich es natürlich gethan, die Curven für die fehlenden Reihen, so ergiebt sich das gleiche Gesammtbild für sie, wie für die andern.

Ueberblickt man nun die genannten Tafeln, so werden unmittelbar die nachstehenden Thatsachen hervortreten.

1. Alle (gestrichelten) Strömungscurven liegen oberhalb der (ausgezogenen) Ruhecurven und zwar in um so grösserem Abstande von letzteren, je grösser die betr. Stromgeschwindigkeit war, d. h. also in voller Bestätigung der früher (S. 47, 51) aus den Zahlentabellen entwickelten Schlussfolgerungen, dass die »strömend« erhaltenen Diffusionsmengen ceteris paribus stets grösser sind als die »ruhend« erhaltenen und zwar mit wachsender Stromgeschwindigkeit um so grösser. Einzelne Ausnahmefälle, welche uns die Tafeln darbieten (z. B. bei VII a b und VIII a c d), sind gerade wegen ihrer nur ganz vorübergehenden Abweichung von allen übrigen Verhältnissen bedeutungslos und überhaupt schon früher nach dieser Richtung erläutert.

2. Die denselben Versuchsbedingungen entsprechenden (auf derselben Tafel verzeichneten) Curvenpaare fallen nie ganz zusammen und zeigen auch einen verschiedenen Abstand der zugehörigen Curven. Dies ist der unmittelbare Ausdruck für den Einfluss der specifischen Natur der Membran.

3. Die zu einem Paar gehörigen Curven zeigen, zumal für die grösseren Geschwindigkeiten und für die späteren Versuchszeiten, eine stetige Divergenz. Meist ist diese Divergenz sehr erheblich, in einzelnen Fällen (VII a b, VIII a c d, XI a c) nur gering, so dass die Curven fast parallel laufen. Es beweist diese Thatsache, dass die Steigerung der Membran-Exosmose durch Strömung mit wachsender Zeit bald zunimmt, bald constant ist (S. 52), niemals aber geringer wird. Freilich darf man sich bei dieser Folgerung aus den Tafeln nicht durch zwei

Momente irre machen lassen. Das eine ist der nicht stetige, sondern mehr oder minder gebrochene Verlauf jeder einzelnen Curve, welcher sowohl auf den Einfluss der Beobachtungsfehler, als auch darauf zurückgeführt werden kann, dass die Osmose überhaupt keinen stetigen Verlauf nimmt. Man wird sich also erst für jede einzelne Curve das allgemeine Bild zu vergegenwärtigen haben. Das zweite störende Moment ist die in den ersten Versuchsstunden zur Geltung kommende Wirkung der Imbibition (S. 29, 49, 61). Ist letztere unter sonst gleichen Verhältnissen gering, so wird die Diffusionsmenge selbst relativ gross gegenüber einem anderen Versuche werden, wo das Gegentheil Statt hat. Es wird sich dies durch eine Schwellung der dem ersteren Fall entsprechenden Curve zu Anfang offenbaren, welche alsdann eine vorübergehende Convergenz gegen die zweite Curve zur Folge hat. Erst nach dem geschehenen Ausgleich wird dann die endgültige Divergenz zur Erkennung gelangen. Beispiele hierfür bieten u. A. die Versuchsreihen II a c, VI a c, IX a c.

Dass aber die allgemeine Tendenz der Curven eine divergirende, von der Zeit unabhängige sei und somit auch die Annahme einer blossen »Anfangserscheinung« für unsere Beobachtungen zurückgewiesen werden müsse, dürfte durch die Tafeln zweifellos erhärtet sein. Und doch veranschaulichen sie nur einen Theil aller der Versuche, die ich wirklich und mit stets gleichen Ergebnissen ausgeführt habe!

Je sicherer begründet für mich alle diese, aus den Zahlentabellen und den Curven in Uebereinstimmung gewonnenen, neuen Thatsachen sind, um so schwieriger ist es, der Verlockung zu widerstehen, dieselben einer weitgehenden mathematischen Discussion zu unterziehen, und namentlich die Art der Function $M_t = \varphi(t)$ für ruhende und strömende Diffusion unter den obwaltenden Versuchsbedingungen festzustellen. Ohne mich auf derartige, meine Kräfte übersteigende, Erörterungen tiefer einlassen zu wollen, glaube ich doch auf empirischem Wege die Lösung mit hinreichender Sicherheit geben zu können. Von allen Complicationen im Einzelnen abgesehen, wird doch der Gesammteindruck der Curventafeln dahin führen, dass der allgemeine Charakter der Curven sowohl für ruhende als für strömende Diffusion übereinstimmt und zwar entweder einer Parabel oder Hyperbel entspricht. Es wird sich alsdann um eine numerische Berechnung der Curven auf dieser Grundlage handeln und aus deren Ergebniss auch der genauere Entscheid gewinnen lassen. Ich habe diese Arbeit für alle meine Versuche ausgeführt und dadurch die Ueberzeugung gewonnen, dass für die weit überwiegende Mehrzahl derselben mit fast überraschender Reinheit die Strömungs- wie die Ruhe-Curven als Hyperbeln sich ergeben, dass also die Function zwischen Diffusionsmenge und Zeit, die Erhaltung der Concentrationsdifferenz bis zu einem gewissen Grade (S. 30) vorausgesetzt, diejenige der Scheitelgleichung der Hyperbel, also

$$M_t^2 = \alpha t + \beta t^2$$

sei.

Der empirische Beweis für die Richtigkeit dieser Ueberzeugung liegt in der nahen Uebereinstimmung der nach dieser Formel für die verschiedenen t berechneten Werthe für M mit den gefundenen, nachdem aus zwei Bestimmungen die Grössen für α und

β abgeleitet, d. h. die empirischen Gleichungen gewonnen waren. Man hat ja einfach die Bedingungsgleichungen

$$M^2 = \alpha T + \beta T^2$$
$$m^2 = \alpha t + \beta t^2$$

aus denen sich, wenn man $T - t = \Delta t$, $T^2 - t^2 = \Delta t^2$ und $M^2 - m^2 = \Delta m^2$ bezeichnet,

$$\alpha = \frac{t^2 \Delta m^2 - m^2 \Delta t^2}{t^2 \Delta t - t \Delta t^2}$$
$$\beta = \frac{m^2 \Delta t - t \Delta m^2}{t^2 \Delta t - t \Delta t^2}$$

finden. Nun habe ich, um einerseits dem Einfluss der Imbibition thunlichst zu entgehen, andererseits den schliesslichen Verlauf der Curven zur Geltung zu bringen, stets die Diffusionsmengen für die 3. und 6. Stunde gewählt und aus diesen Elementen α und β berechnet. Von den Resultaten theile ich hier nur einige mit, da dieselben zur Erbringung jenes Beweises vollauf genügen, und zwar greife ich die Versuchsreihen I (XV), VII, X, XIII heraus. Die numerischen Gleichungen für dieselben sind:

Ia (XVa)	$M^2 = 2571\,t + 5812\,t^2$
Ic (XVc)	$M^2 = 14784\,t + 6880\,t^2$
VIIa	$M^2 = 4573\,t + 5531\,t^2$
VIIc	$M^2 = 979\,t + 9343\,t^2$
Xa	$M^2 = 11318\,t + 1654\,t^2$
Xc	$M^2 = 6930\,t + 5086\,t^2$
XIIIa	$M^2 = 1280\,t + 8037\,t^2$
XIIIc	$M^2 = 5647\,t + 13660\,t^2$

Aus ihnen ergiebt sich dann nachstehende

Uebersichtstabelle 6.

Vergleich der beobachteten und der nach d. F. $M^2 = \alpha t + \beta t^2$ berechneten Relativen Diffusionsmengen für Vers.-R. I (XV), VII, X, XIII.

	Ia (XVa)		Ic (XVc)		VIIa		VIIc		Xa		Xc		XIIIa		XIIIc	
	Gef.	Ber.	Gef.	Ber.	Gef.	Ber.	Gef.	Ber.	Gef.	Ber.	Gef.	Ber.	Gef.	Ber.	Gef.	Ber.
M_1	100	91	121	147	100	100	120	102	100	114	112	110	100	96	132	139
M_2	153	168	222	239	186	177	216	198	178	171	191	185	161	186	256	257
M_3	245	(245)	326	(326)	252	(252)	295	(295)	221	(221)	258	(258)	276	(276)	374	(374)
M_4	339	321	420	411	324	327	391	392	277	268	340	330	368	366	495	491
M_5	424	398	493	496	405	401	491	488	323	313	400	402	460	455	609	608
M_6	474	(474)	580	(580)	(476)	(476)	585	(585)	357	(357)	474	(474)	(545)	(545)	725	(725)
M_7	524	550	669	664												
M_8	588	626	772	747												
M_9	678	703	878	831												
M_{10}	746	779	999	914												
M_{11}	815	855	1086	998												

Vergegenwärtigt man sich abermals alle die ofterwähnten unvermeidlichen Fehlerquellen und störenden Einflüsse, welche bei Versuchen unserer Art stets zur Geltung kommen werden, so muss man die Uebereinstimmung der gefundenen und berechneten Werthe der Diffusionsmengen und damit auch die Gültigkeit der hyperbolischen Function für den Verlauf dieser osmotischen Processe meines Erachtens rückhaltlos anerkennen. Als ganz besonders beweiskräftig möchte ich dabei auf die Versuchsreihen XVa und c hingewiesen haben, wo die lediglich aus den zwei Beobachtungen für die 3. und 6. Stunde berechneten Coëfficienten α und β sich auch für die weiteren 5 Stunden der 11stündigen Versuche als zutreffend erweisen.

Stimmt man nun dieser vorstehenden Entwickelung bei, dann wird man endlich auch zu einem exacteren Beweise dafür gelangen, dass die in meinen Versuchen durch Strömung bewirkte Zunahme der Exosmose eine blosse Anfangserscheinung gar nicht sein kann, d. h. graphisch ausgedrückt, dass die Strömungs-Curve (M_c) niemals mit der Ruhe-Curve (M_a) zusammenfallen wird. Aus den beiden Bedingungsgleichungen

$$M_a^2 = \alpha t + \beta t^2 \text{ und}$$
$$M_c^2 = \alpha_1 t + \beta_1 t^2$$

folgt nämlich, dass von einem Anfangspunkte ausgehend, für alle folgenden t

$$M_c > M_a \text{ sein muss,}$$
$$\text{wenn } \beta_1 \text{ positiv und } > \beta$$
$$\text{und } \alpha_1 > \alpha - (\beta_1 - \beta)t$$

ist. Diese Bedingungen zeigen sich aber in allen meinen Versuchen der Berechnung gemäss erfüllt und zur Illustration stelle ich für die obigen acht Versuchsreihen diese Zahlenwerthe hier zusammen:

	$\beta_1 >$	β	für t	$\alpha_1 >$	$\alpha - (\beta_1 - \beta)t$
Iac (XVac)	6880	5812	1	14784	1503
VIIac	9343	5531	1	979	761
Xac	5086	1654	1	6930	7886
			2	6930	4450
XIIIac	13660	8037	1	5647	— 4343

Bei Versuchsreihe X ist der Bedingung $\alpha_1 > \alpha - (\beta_1 - \beta)t$ erst in der zweiten Stunde, von da an aber natürlich für alle späteren Stunden genügt.

2. Der Einfluss von Druckveränderungen auf die Zunahme der Membran-Exosmose durch Strömung.

Nachdem der Gedanke, die Reihe der neuen Thatsachen auf eine blosse Störung des osmotischen Vorganges, und zwar als Anfangs-Erscheinung, zurückzuführen, sich durch die vorigen Versuche und Erörterungen als hinfällig erwiesen hatte, musste sich eine andere Vermuthung zu deren Erklärung in den Vordergrund drängen. Da die Diffusionsmengen mit zunehmendem Drucke wachsen, so würde die Frage auftauchen können,

ob etwa die strömende Bewegung an der Membran eine Druckerhöhung wachrufe und somit die erwiesene Steigerung der Exosmose auf einer solchen Ursache beruhe. Freilich widerspräche Dies — wie wir uns aus der Einleitung erinnern — der sonst allgemein berechtigten Ansicht, dass ceteris paribus eine strömende Flüssigkeit einen geringeren Seitendruck ausübt als eine unter demselben statischen Druck stehende ruhende, freilich wäre für mich die Vorstellung, wie dadurch eine Druckerhöhung an der Membran bewirkt werden sollte, in völliges Dunkel gehüllt, — allein bei den vielen Seltsamkeiten, mit denen die osmotischen Erscheinungen sich umgeben, würde dennoch jene Frage nicht a limine abgewiesen werden, sondern eine ernstere Prüfung verlangen dürfen. Eine solche habe ich versucht, indem ich von der Idee ausging, dass, falls ein an der Membran erregter Druck das eigentlich wirksame Moment sei, diese Wirkung sich durch Erhöhung des Druckes in gleichem Sinne (Innerer Ueberdruck) noch steigern, dagegen durch einen auf der andern Seite der Membran hervorgerufenen Gegendruck (Aeusserer Ueberdruck) sich vermindern müsse. Auch war zu erwarten, dass schon relativ kleine Druckänderungen sich in dieser Richtung bemerkbar machen würden, und habe ich mich deshalb bei den entsprechenden Untersuchungen mit einem jedesmaligen Ueberdruck von 1,5 Ctm. begnügt. Allerdings war andererseits gerade bei ihnen doppeltes Gewicht auf eine weitestgehende Gleichheit der Versuchsbedingungen zu legen, um alle sonstigen Nebeneinflüsse thunlichst auszuschliessen, und sind deshalb die betr. Versuchsreihen XVII und XIX mit derselben Membran No. 6 von Pergamentpapier + Eiweiss wie Versuchsreihe V (Gleicher Druck) und die Versuchsreihen XVIII und XX mit derselben Schweinsblasen-Membran No. 3 wie Versuchsreihe XI (Gleicher Druck) und zwar in möglichst kurzer Zeitfolge nach einander ausgeführt worden. Da nun diese neuen Versuche ganz widersprechende und zum Theil in sich selbst widersinnige Ergebnisse geliefert haben, so verzichte ich auf die ausführliche Mittheilung der einzelnen Versuchstabellen und beschränke mich auf die Zusammenstellung der aus den Beobachtungsdaten in bekannter Weise berechneten relativen Diffusionsmengen in der

Uebersichtstabelle 7 (Siehe nebenstehend),

indem ich der nöthigen Vergleichung halber auch die Versuchsreihen V und XI mit in dieselbe aufgenommen habe.

Uebersichtstabelle 7.

Der Einfluss eines inneren oder äusseren Ueberdruckes von 1,5 Ctm. auf die Relativen Diffusions-Mengen bei der ruhenden und strömenden Membran-Exosmose unter gleichen Verhältnissen (dieselbe Membran-Nummer, Concentration = 1,30 % und Stromgeschwindigkeit = 8 Ctm.)

	Pergamentpapier + Eiweiss, Membran No. 6.						Schweinsblase, Membran No. 3.					
	Gleicher Druck		Innerer Ueberdruck		Aeusserer Ueberdruck		Gleicher Druck		Innerer Ueberdruck		Aeusserer Ueberdruck	
Versuchs-Reihe	Va.	Vc.	XVIIa.	XVIIc.	XIXa.	XIXc.	XIa.	XIc.	XVIIIa.	XVIIIc.	XXa.	XXc.
Datum	7. April 1881	6. April 1881	13 April 1881	12. April 1881	9. April 1881	8. April 1881	12. April 1881	11 April 1881	20. April 1881	19. April 1881	14. April 1881	13. April 1881
Temperatur	8	7-8	9	8	8½	7	8½-9	7-8	10-11	11	9	8-9
Concentration	1,16-18	1,15-18	1,28-30	1,28-30	1,19-20	1,20-30	1,23-25	1,25-30	1,27-29	1,28-30	1,30-32	1,30-35
Stromgeschw.	Ruhend —	Strömend 8 Ctm.	Ruhend —	Strömend 8 Ctm.	Ruhend —	Strömend 8 Ctm.	Ruhend —	Strömend 8 Ctm.	Ruhend —	Strömend 8 Ctm.	Ruhend —	Strömend 8 Ctm.
Std. 1	100	120	100	110	100	120	100	99,5	100	119	100	93
» 2	183	224	154	184	203	223	178	215	150	281	178	176
» 3	290	330	220	261	295	350	258	321	194	360	260	273
« 4	377	440	308	331	380	479	328	404	270	472	320	360
» 5	448	551	369	402	467	590	351	465	359	557	387	435
» 6	541	730	422	477	544	725	460	565	427	635	443	539
Inhalts-Differenz in CC.	— 2	— 2	— 2	— 2	— 4	— 6	— 3	— 4	— 2	— 3	— 4	— 4
Steigerung nach 6 Stund.	—	35 %	—	13 %	—	33 %	—	23 %	—	49 %	—	22 %

Wie man nun aus derselben ersieht, ist allerdings unserer Voraussetzung entsprechend in Versuchsreihe XVIII durch inneren Ueberdruck eine nicht unerhebliche Steigerung der Membran-Exosmose »strömend« im Vergleiche zu derjenigen bei gleichem Drucke in Versuchsreihe XI hervorgerufen; für 6stündige Versuchsdauer beträgt sie dort 49 %, hier nur 23 % der »ruhend« erhaltenen Diffusionsmengen. Dagegen zeigt sich aber in den entsprechenden Versuchsreihen XVII und V bei dem Pergamentpapier das gerade Gegentheil; die Versuchsreihe XVII mit innerem Ueberdruck offenbart eine Steigerung von 13 %, während die Versuchsreihe V mit gleichem Druck eine solche von 35 % hat. Die bei äusserem Ueberdruck gewonnenen Versuchsreihen XIX und XX zeigen zwar in Uebereinstimmung unter einander und im Einklange mit unserer Voraussetzung eine geringere Steigerung der Exosmose als bei den Ver-

suchsreihen V und XI mit gleichem Druck (33 % und 22 % gegen 35 % und 23 %), und würden also einen hemmenden Einfluss dieses Ueberdruckes bekunden; allein der Unterschied ist so gering, dass man Bedenken trägt, ihn auf diese Ursache und nicht auf Beobachtungsfehler zurückzuführen, um so mehr als andererseits die kräftige Wirkung des Ueberdruckes sich deutlich in dem merklich erhöhten Wasserverlust des Diffusators (»Inhaltsdifferenz«) erkennen lässt. In derartigen Zweifeln wird man noch durch andere Thatsachen bestärkt. Hält man sich z. B. an die absoluten Diffusionsmengen der Versuchsreihen XVII—XX, so zeigen dieselben gerade auch für die einfache »ruhende« Diffusion allerlei Abnormitäten. Denn hier müsste den gewöhnlichen Gesetzen gemäss dem inneren Ueberdruck (XVIIa, XVIIIa) stets eine Zunahme, dem äusseren Ueberdrucke (XIXa, XXa) stets eine Abnahme der Exosmose gegenüber der »ruhenden« Versuchsreihe bei gleichem Drucke (Va und XIa) entsprechen. Allein nur Versuchsreihe XVIIa verläuft thatsächlich gesetzmässig, insofern ihre Zahlen durchweg grösser sind als bei Va, während die Zahlen bei XVIIIa sämmtlich kleiner sind als bei XIa, und diejenigen von XIXa und XXa ausnahmslos grösser sind als bei Va und XIa. Daran ändert der Umstand nichts, dass diese Differenzen meist nur gering erscheinen, da sie ja in entgegengesetztem Sinne auftreten müssten, also widersinnig sind.

Eine sachgemässe Kritik der Versuchsreihen XVII—XX muss dieselben demnach als nicht beweiskräftig für den beabsichtigten Zweck erklären. Ein Einfluss von Druckveränderungen auf die »strömende« Membran-Exosmose kann deshalb weder behauptet noch bestritten werden. Man wird sich aber von den vorigen Erörterungen nicht abwenden mögen, ohne die Frage beantwortet zu sehen, wie es komme, dass eine Reihe mit so besonderer Sorgfalt angestellter Versuche dennoch zu so unverwerthbaren und in sich widerspruchsvollen Ergebnissen führe. Denn ohne eine solche Beantwortung würde leicht ein Misstrauen auch gegen die anderen Versuchsreihen bestehen bleiben. Nach meiner auf zahlreichen Erfahrungen beruhenden Ueberzeugung findet jene Frage ihre schnelle und zutreffende Erledigung in dem einfachen Umstande, dass unsere von uns als nothwendig anerkannte Voraussetzung, stets mit einer und derselben Membran gearbeitet zu haben, in Wahrheit gar nicht zutrifft. Die Arbeiten jeder Gruppe von Versuchsreihen haben sich über einen Zeitraum von 7—9 Tagen vertheilen, die betreffenden »gleichen« Membranen haben jede eine 6malige Anwendung und darunter dreimal »strömend« erfahren und ebenso oft eine 18stündige Auslaugung mit Wasser aushalten müssen, so dass es wahrlich nicht überraschen kann, wenn dabei die Membranen eine Aenderung erlitten, deren Nachwirkung bedeutungsvoller war als die bei den Versuchen herrschende Druckdifferenz von 3 Ctm. im Ganzen.

Vielleicht also würde bei einer Wiederholung dieser Versuche unter stärkerer Druckdifferenz ein sicheres Resultat zu erzielen sein; — zu einer solchen hat es mir aber leider an Zeit gefehlt. Vielleicht aber würde es sich auch um die Aufgabe handeln, denselben Untersuchungsplan nach einer ganz anderen Methode durchzuführen, welche derartige Störungen durch die Veränderung der Membranen ausschlösse. In dieser Richtung habe ich mannichfache Versuche angestellt, allein es ist mir nicht ge-

lungen, einen solchen neuen Versuchsweg zu entdecken, bei dem nicht andersartige Fehlerquellen in noch viel stärkerem Grade zur Geltung kämen. Deshalb habe ich bisher ganz darauf verzichten müssen, die in der Ueberschrift dieses Abschnittes aufgeworfene Frage zur Entscheidung zu bringen.

Diesem Geständnisse muss ich sofort und zum Abschlusse dieses ganzen Capitels noch ein weiteres anreihen: dass es mir bis jetzt überhaupt nicht hat gelingen wollen, für die auf den vorstehenden Blättern geschilderten neuen Thatsachen irgend eine Erklärung als Ursache ausfindig zu machen, geschweige denn experimentell zu prüfen. Die Steigerung der Membran-Exosmose durch Strömung, so objectiv sichergestellt sie Jedem erscheinen wird, ist und bleibt für mich in ihrer Ursache bis jetzt unerklärbar. Es ist dies ein unerfreulicher Gedanke für den Forscher. Aber es gewährt ihm der Umstand einen gelinden Trost, dass die Diffusion und Osmose überhaupt so viele Räthsel als Erscheinungen darbieten und dass an deren Lösung sich noch ganz andere Männer vergeblich abgemüht haben. Einstweilen müssen wir zufrieden sein, in der Strömung einen neuen Factor kennen gelernt zu haben, welcher für die Osmose von grösster Bedeutung ist und in Zukunft nicht mehr ausser Acht gelassen werden darf, will man die Hoffnung aufrecht erhalten, dereinst zu einer wirklichen »Theorie« dieser Gesammt-Erscheinungen zu gelangen.

C. Die Exosmose ruhender und strömender Kochsalz-Lösungen gegen destillirtes Wasser durch phaneroporöse Diaphragmen (poröse Platten).

Nachdem der Ausfall der an Membranen ausgeführten Versuche ein allen ursprünglichen Erwartungen ganz entgegengesetztes Resultat geliefert und damit sogar die Zuverlässigkeit der ersten an Gypsröhren angestellten Beobachtungen (S. 11) erschüttert hatte, musste es unumgänglich nöthig und zugleich von erhöhtem Interesse erscheinen, nunmehr statt der Membranen beliebige poröse feste Körper in Platten an ganz demselben Apparate und nach dem ganz gleichen Verfahren der Prüfung zu unterziehen. Hiervon sollen die folgenden Blätter berichten und es ist demnach, weil vollkommen ebenso gearbeitet wurde wie früher, hinsichtlich der Apparate und Methoden kein weiterer Zusatz zu machen. Nur über einen sehr wichtigen Punct muss eine allgemeine Bemerkung vorangeschickt werden, zumal er anfangs unübersteigbare Hindernisse darzubieten drohte; derselbe betrifft die Wahl der festen Körpersubstanz. Handelt es sich um ganz grobporöse Massen, so findet man in Bimstein und sehr locker gebranntem unreinem Ziegelstein leicht geeignete Diaphragmenstücke, unter denen ich dem Bimstein wegen seiner gleichmässiger vertheilten Porosität den Vorzug gegeben habe. Will man aber mit feinporösen Platten arbeiten, dann beginnen die Schwierigkeiten aller Art. Ich habe in zahlreichen Vorversuchen mit Platten von Gyps, ausgesucht dichtem, homogenem Ziegelstein, Portland-Cement und gebranntem Thon von den für galvanische Batterien üblichen Thonzellen gearbeitet, allein alle für meine Zwecke gleich unbrauchbar gefunden. Man muss ihre Dicke hinreichend nehmen, damit ihre Festigkeit an sich und besonders bei den strömenden Versuchen nicht leidet, da bei letzteren z. B. die Gyps- und Cement-Platten ziemlich stark abgewaschen werden. Alsdann aber sind die durchdiffundirenden Mengen so gering, dass man die Versuchsreihen auf eine ausserordentlich lange Zeit ausdehnen muss, will man genügend grosse Zahlenwerthe erhalten, welche nicht innerhalb der Fehlergrenzen liegen. Dies ist aber für die strömenden Versuche wegen der Gesammtheit der Versuchsbedingungen und des kolossalen Aufwandes an Kochsalz gar nicht

durchführbar; wir sind und bleiben hiefür im Allgemeinen auf eine 6stündige Versuchsdauer beschränkt. Macht man die Platten dagegen sehr dünn, so fallen Gyps und Cement wegen der erwähnten Corrosion ausser Betracht; bei Ziegelstein und dem gebrannten Thon der Thonzellen aber geräth man dann in den üblen Einfluss der »zufälligen« Porosität, d. h. man hat dann Platten, die stellenweis grobe Poren enthalten, also nicht mehr für das beabsichtigte Studium zulässig sind. Ich theile hier als ganz lehrreich folgende Beispiele mit.

Es gaben bei ruhender Diffusion

Diaphragmen	Durchmesser	Dicke	bei Concentration der NaCl-Lösg. von	nach Stunden	in den 5 CC entnommener Probe Ctmilligrm. NaCl.
1. Gyps (feinster)	4,7 Ctm.	0,9 Ctm.	0,85 %	5 »	10 »
2. Ziegelstein	4,5 »	0,4 »	2,3 %	8 »	10 »
				32 »	20 »
				60 »	60 »
				94 »	120 »
3. Cement	4,75 »	0,6 »	1,3 %	6 »	20 »
				18 »	35 »
				30 »	40 »
4. Gebrannt. Thon von Thonzellen	4,5 »	0,4 »	1,2 %	6 »	10 »
				18 »	30 »
				30 »	50 »
				50 »	140 »

Wenn aber die Diffusion eine so geringe ist, dass in der am Ende der 6. Stunde genommenen Probe höchstens 20 Ctmilligrm. enthalten sind, demnach die Gesammtmenge des in unseren Diffusatoren nach 6 Stunden exosmosirten Kochsalzes im Maximum etwa 600 Ctmilligrm. oder 6 Milligrm. beträgt, so wird, wie Jeder zugeben muss, von einer Verwerthung dieser Zahlen zu Schlussfolgerungen nicht mehr die Rede sein können.[1])

Nach den verschiedensten sonst vergeblichen Bemühungen, andere besser fungirende Materialien aufzutreiben, bin ich endlich nur durch die liebenswürdige Hülfe meines verehrten Freundes, Herrn *Engelbert Peiffer*, Directors der Hanseatischen Baugesellschaft in Hamburg, in den Besitz von Platten gelangt, welche eben so sehr dem

[1]) Wem diese relative Impermeabilität z. B. der Thonplatten auffällig erscheint, weil dieselben doch gerade in der Combination des galvanischen Elementes die Permeabilität für den galvanischen Strom ermöglichen, den will ich auf die neueren Versuche von *A. Christiani* (Verh. physik. Ges. Berl. 1882, No. 1, p. 10) verwiesen haben, welcher an seinem »Poroskop« derartigen Thon auch für Luft ganz undurchgängig fand.

Charakter gleichmässiger feinporöser Substanz entsprechen, wie sie eine genügende Durchlässigkeit besitzen. Aus dem feinsten Thon bereitet und in der sorgfältigsten Weise gebrannt, repräsentiren sie etwa den Zustand der bekannten Alcarrazas, und lassen mit Wasser befeuchtet dieses sehr bald durchschlagen, ohne eine directe Filtration zu offenbaren. Ein schöneres Material als dieses ist für unsere Untersuchungen kaum zu wünschen und eben deshalb habe ich mich betreffs der feinporösen Platten gerade so auf dessen Anwendung beschränkt, wie bezüglich der grobporösen auf diejenige des Bimstein's.

Versuche mit porösen Thon-Platten.

Es kamen zweierlei Platten in Gebrauch:

Dünne im Diffusator III von 0,1—0,15 Ctm. Dicke und 4,5 Ctm. Durchmesser,
Dicke im Diffusator IV von 0,2—0,22 » » » 3,7 » do.

wobei sich aber ebenfalls schon bald herausstellte, dass erstere bei der mittleren Concentration (1,3 %), letztere sogar bei der stärksten Concentration (2,5 %) nur so geringe Diffusionsmengen lieferten, dass eine Ausdehnung der Versuchsreihen auf die verschiedenen Concentrationen und Stromgeschwindigkeiten unangebracht war. Daher erstrecken sich meine Untersuchungen hauptsächlich auf die dünne Thon-Platte bei der stärksten Concentration.

Versuchsreihe XXI.

Dünne Thon-Platte. Mittlere Concentration (ca. 1,3 %). Mittlere Geschwindigkeit (ca. 8 Ctm.)

Versuchsreihe XXI. Diffusator III. Dünne Thonplatte.

XXI a **Ruhend** Datum 29. Sept. 81. Dauer $9^{30} - 3^{30}$

Niveau innen / « aussen } 8,5 Ctm. Inhalt d. Diffus. { Anfang 168 CC. / Ende 166 « } Mittel 167 CC

Inhalt z. Berechn. 167 CC. Gesammtm. $M_n = 33{,}4\ a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Aeussere Flüssigkeit		Menge exosmosirtes NaCl		
	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	nach n Stunden M_n in Ctmilligrm.	nach n Stunden Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	—	1,35	—	—	—
1	14,5	—	a_1 10	334	100
2	—	—	a_2 20	678	203
3	—	—	a_3 25	865	260
4	14,5	1,35	a_4 35	1224	367
5	—	—	a_5 50	1760	527
6	15	1,35	a_6 70	2478	742

XXI c **Strömend** Datum 28. Sept. 81. Dauer $9^{30} - 3^{30}$

Niveau innen 8,5 Ctm. / Manom. aussen 9 « Inhalt d. Diffus. { Anfang 168 CC. / Ende 166 « } Mittel 167 CC.

Inhalt z. Berechn. 167 CC. Gesammtmenge $M_n = 33{,}4\ a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Aeussere Flüssigkeit			Menge exosmosirtes NaCl		
	Ausfluss-Menge CC in 1 Sec.	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	nach n Stunden M_n in Ctmilligrm.	nach n Stunden Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	—	—	—	—	—	—
1	137	14	1,34	a_1 10	334	100
2	—	—	—	a_2 15	511	153
3	—	—	—	a_3 15	526	160
4	—	—	1,30	a_4 20	708	212
5	138	13	—	a_5 25	895	269
6	—	—	1,34	a_6 30	1087	325

Versuchsreihen XXII—XXIV.

Dünne Thonplatte. Stärkste Concentration (ca. 2,5 %). Alle drei Geschwindigkeiten (ca. 4, 8, 10 Ctm.)

Versuchsreihe XXII. Diffusator III. Dünne Thonplatte.

XXII a Ruhend Datum 1. Oct. 81. Dauer 9^{30} — 3^{30}

Niveau innen / « aussen } 8,5 Ctm. Inhalt d. Diffus. { Anfang 168 CC. / Ende 167 « } Mittel 167,5 CC.

Inhalt z. Berechn. 167,5 CC. Gesammtm. $M_n = 33{,}5\, a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Aeussere Flüssigkeit Temp. °C	Aeussere Flüssigkeit NaCl %	Menge exosmosirtes NaCl: In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.		nach n Stunden M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	—	—	—		—	—
1	15	2,70	a_1	15	502	100
2	—	—	a_2	40	1355	270
3	—	—	a_3	70	2400	478
4	15	2,70	a_4	100	3475	692
5	—	—	a_5	140	4915	979
6	15	2,70	a_6	175	6227	1240

XXII c Strömend Datum 30. Sept. 81. Dauer 9^{50} — 3^{50}

Niveau innen 8,5 Ctm. / Manom. aussen 9 « Inhalt d. Diffus. { Anfang 168 CC. / Ende 166 « } Mittel 167 CC.

Inhalt z. Berechn. 167 CC. Gesammtmenge $M_n = 33{,}4\, a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Aeussere Flüssigkeit: Ausfluss-Menge CC in 1 Sec.	Temp. °C	NaCl %	Menge exosmosirtes NaCl: In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.		nach n Stunden M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	142	14	2,65	—		—	—
1	—	—	—	a_1	15	501	100
2	—	—	—	a_2	20	683	136
3	142	14	2,70	a_3	30	1037	206
4	—	—	—	a_4	40	1401	279
5	143	14	2,70	a_5	55	1942	387
6	—	—	—	a_6	70	2498	498

Versuchsreihe XXIII. Diffusator III. Dünne Thonplatte.

XXIII a Ruhend Datum 30. Oct. 81. Dauer 9^{20} — 3^{20}

Niveau innen / « aussen } 8,5 Ctm. Inhalt d. Diffus. { Anfang 168 CC. / Ende 168 « } Mittel 168 CC.

Inhalt z. Berechn. 168 CC. Gesammtm. $M_n = 33{,}6\, a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.		M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	10	2,55	—		—	—
1	—	—	a_1	15	504	100
2	10	—	a_2	30	1038	206
3	—	—	a_3	65	2229	442
4	—	2,60	a_4	90	3134	622
5	—	—	a_5	125	4400	873
6	—	—	a_6	150	5365	1064

XXIII b Strömend Datum 29. Oct. 81. Dauer 10^{40} — 4^{40}

Niveau innen 8,5 Ctm. / Manom. aussen 9 « Inhalt d. Diffus. { Anfang 168 CC. / Ende 166 « } Mittel 167 CC.

Inhalt z. Berechn. 167 CC. Gesammtmenge $M_n = 33{,}4\, a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Ausfluss-Menge CC in 1 Sec.	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.		M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	70	10	2,40	—		—	—
1	—	—	—	a_1	10	334	66
2	70	9	2,50	a_2	30	1012	201
3	—	—	—	a_3	40	1376	273
4	70	8	2,50	a_4	50	1750	347
5	—	—	—	a_5	55	1967	390
6	—	—	—	a_6	75	2690	534

XXIII c Strömend Datum 10. Nov. 81. Dauer 11^{50} — 5^{50}

Niveau innen 8,5 Ctm. / Manom. aussen 9 « Inhalt d. Diffus. { Anfang 168 CC. / Ende 166 « } Mittel 167 CC.

Inhalt z. Berechn. 167 CC. Gesammtmenge $M_n = 33{,}4\, a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Ausfluss-Menge CC in 1 Sec.	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.		M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	140	9	2,60	—		—	—
1	—	—	—	a_1	10	334	66
2	—	8	2,55	a_2	20	678	135
3	142	—	—	a_3	30	1032	205
4	—	7	2,50	a_4	35	1227	243
5	142	7	—	a_5	50	1765	350
6	—	—	—	a_6	55	1982	393

Versuchsreihe XXIV. Diffusator III. Dünne Thonplatte.

XXIV a **Ruhend** Datum 4. Oct. 81. Dauer 9^{50} — 3^{50}

Niveau innen / « aussen } 8,5 Ctm. Inhalt d. Diffus. { Anfang 168 CC. / Ende 167 « } Mittel 167,5 CC.

Inhalt z. Berechn. 167,5 CC. Gesammtm. $M_n = 33{,}5\ a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Aeussere Flüssigkeit Temp. °C	Aeussere Flüssigkeit NaCl %	Menge exosmosirtes NaCl: In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.		Menge exosmosirtes NaCl nach n Stunden: M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	14	2,60	—		—	—
1	—	—	a_1	15	502	100
2	—	—	a_2	40	1355	270
3	14	2,60	a_3	65	2232	445
4	—	—	a_4	105	3637	724
5	14	2,60	a_5	135	4747	946
6	—	—	a_6	165	5887	1173

XXIV c **Strömend** Datum 3. Oct. 81. Dauer 9^{30} — 3^{30}

Niveau innen 8,5 Ctm. / Manom. aussen 9 « Inhalt d. Diffus. { Anfang 168 CC. / Ende 166 « } Mittel 167 CC.

Inhalt z. Berechn. 167 CC. Gesammtmenge $M_n = 33{,}4\ a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Aeussere Flüssigkeit Ausfluss-Menge CC in 1 Sec.	Aeussere Flüssigkeit Temp. °C	Aeussere Flüssigkeit NaCl %	Menge exosmosirtes NaCl: In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.		Menge exosmosirtes NaCl nach n Stunden: M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde. ruhend = 100
0	—	14	—	—		—	—
1	144	—	2,40	a_1	10	334	67
2	—	—	—	a_2	20	678	135
3	—	—	—	a_3	30	1032	206
4	142	14	2,50	a_4	40	1396	278
5	—	—	—	a_5	50	1770	353
6	143	14	2,56	a_6	65	2321	462

XXIV d **Strömend** Datum 5. Oct. 81. Dauer 1^{50} — 7^{50}

Niveau innen 8,5 Ctm. / Manom. aussen 9,5 « Inhalt d. Diffus. { Anfang 168 CC. / Ende 165 « } Mittel 166,5 CC.

Inhalt z. Berechn. 166,5 CC. Gesammtmenge $M_n = 33{,}3\ a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Aeussere Flüssigkeit Ausfluss-Menge CC in 1 Sec.	Aeussere Flüssigkeit Temp. °C	Aeussere Flüssigkeit NaCl %	Menge exosmosirtes NaCl: In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.		Menge exosmosirtes NaCl nach n Stunden: M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde. ruhend = 100
0	175	13	2,75	—		—	—
1	—	—	—	a_1	10	333	67
2	—	—	2,75	a_2	15	509	101
3	177	12	—	a_3	20	691	138
4	—	—	—	a_4	20	711	142
5	175	12	—	a_5	30	1064	212
6	—	—	—	a_6	35	1260	251

Diese Versuchsreihen geben zu einer nicht uninteressanten Zwischenbetrachtung Anlass. Ueberall pflegt man die Zuverlässigkeit der Versuchsdaten durch Wiederholung der Versuche unter gleichen Verhältnissen zu beweisen, ja einen solchen Beweis geradezu zu verlangen. So begründet dieses Verlangen zweifellos ist, ebensowenig kann man dasselbe bei Untersuchungen unserer Art aufrecht erhalten, so lange nicht die Unveränderlichkeit des Diaphragma feststeht, und weil eben hierauf bei Membranen von Vorneherein ganz verzichtet werden musste, so konnte jener Beweis nur ganz annähernd beigebracht werden. Die jetzt benutzte Thon-Platte dagegen dürfte als eine absolut gleich bleibende angesehen werden und es müssten deshalb die im Ruhezustand und bei den entsprechend gleichen Geschwindigkeiten ausgeführten Versuchsreihen XXII a c, XXIII a c und XXIV a c vorzüglich zu einer derartigen Beweisführung geeignet erscheinen. Nun stimmen die in den zugehörigen Columnen verzeichneten Zahlen zwar annähernd, aber noch nicht ganz überein; die von XXII a c sind grösser als die der beiden andern, die von XXIV a c stehen in der Mitte und die von XXIII a c sind die kleinsten. Allein die Versuchsverhältnisse sind auch in der That nicht ganz die gleichen; denn bei XXII ist Temperatur und Concentration am grössesten, bei XXIV ist die Temperatur zwar gleich,

allein die Concentration um 0,1—0,3 % kleiner, und bei XXIII sowohl Temperatur als Concentration am kleinsten. Und da nun ceteris paribus die Diffusionsmengen mit der Temperatur und Concentration steigen oder fallen, so ist jene übrigens geringe Differenz der drei Versuchsreihen eine völlig naturgemässe und in sich begründete. Dieser Erwägung gemäss bringen also jene drei Versuchsreihen allerdings den Beweis, dass die Apparate und Arbeitsmethoden, wie ich sie benutzte, zu völlig gleichen Resultaten führen, mithin durchaus zuverlässige sind, sobald nur die Versuchsverhältnisse die absolut gleichen bleiben, was in praxi vollkommen zu erreichen unmöglich ist.

Versuchsreihe XXV.

Dicke Thonplatte. Stärkste Concentration. Mittlere Geschwindigkeit (ca. 8 Ctm.)

Versuchsreihe XXV. Diffusator IV. Dicke Thonplatte.

XXV a **Ruhend** Datum 30. Sept. 81. Dauer 10^{10}—4^{10}
Niveau innen / « aussen } 8,5 Ctm. Inhalt d. Diffus. { Anfang 164 CC. / Ende 163 « } Mittel 163,5 CC.
Inh. z. Berechn. 163,5 CC. Gesammtmenge $M_n = 32{,}7\ a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Aeussere Flüssigkeit		Menge exosmosirtes NaCl			
	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.		nach n Stunden M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	14	2,60	—		—	—
1	—	—	a_1	10	327	100
2	—	—	a_2	10	337	103
3	14	2,65	a_3	15	510	156
4	—	—	a_4	20	689	211
5	14	—	a_5	30	1036	317
6	—	2,65	a_6	40	1393	426

XXV c **Strömend** Datum 1. Oct. 81. Dauer 9—3
Niveau innen 8,5 Ctm. / Manom. aussen 9 » Inhalt d. Diffus. { Anfang 164 CC. / Ende 163 » } Mittel 163,5 CC.
Inhalt z. Berechn. 163,5 CC. Gesammtmenge $M_n = 32{,}7\ a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Aeussere Flüssigkeit			Menge exosmosirtes NaCl			
	Ausfluss-Menge CC in 1 Sec.	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.		nach n Stunden M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	143	14	2,65	—		—	—
1	—	—	—	a_1	10	327	100
2	—	—	—	a_2	10	337	103
3	—	14	—	a_3	15	510	156
4	142	—	2,60	a_4	20	689	211
5	—	—	—	a_5	25	872	267
6	142	14	2,55	a_6	30	1061	324

Versuche mit Bimstein-Platten.

Aus einem beliebigen Stücke käuflichen Bimstein's wurden mittels Säge und Feile unter Vermeidung der allzublasenreichen Stellen je zwei kreisrunde Platten von gleichem Durchmesser und gleicher Dicke geschnitten, so dass im Ganzen vier Platten zur Verfügung standen. Schon das unbewaffnete Auge liess leicht erkennen, dass der Porositätsgrad dieser Platten, wie gar nicht anders zu erwarten, ein ganz ausserordentlich verschiedener war, und da mit ihm die osmotische Wirkung in zweifellos sehr kräftigem Zusammenhange steht, so wird, will man die letztere möglichst rein und frei von Einflüssen zur Anschauung bringen, auch ein quantitatives Urtheil über jenen Factor erforderlich werden, gerade so gut wie über Durchmesser und Dicke der Platten. Diese relative Porosität habe ich in der Weise bestimmt, dass die mit den Platten versehenen Diffusatoren mit destillirtem Wasser bis zu gleicher Höhe (8,5 Ctm.) gefüllt und auf derselben durch Nachtropfen aus einem zweiten Gefässe erhalten, die unten durchfiltrirenden Wassertropfen in einem tarirten Gefässe aufgefangen und nach Ablauf von 3 Stunden gewogen wurden. Diese Gewichtszahlen werden auch den Porositäts-

grad zum Ausdruck bringen. Unsere vier Platten charakterisiren sich demnach folgendermassen:

	Diffusator	Durchmesser	Dicke	In 3 Stdn. durchfiltr. Wasser	also Porosität
Dünne Platte No. 1	V	4,5 Ctm.	0,35 Ctm.	253,4 grm.	1,0
» » » 2	V	4,5 »	0,35 »	1044,0 »	4,1
Dicke Platte No. 3	I	4,3 »	1,10 »	357,3 »	1,4
» » » 4	I	4,3 »	1,10 »	1221,0 »	4,8

Versuchsreihen XXVI—XXVII.

Dünne Platten. Stärkste Concentration (ca. 2,5 %). Kleinste und mittlere Geschwindigkeit (ca. 4 und 8 Ctm.)

Versuchsreihe XXVI. Diffusator V. Dünne Bimstein-Platte No. 1. Porosität = 1.

XXVI a Ruhend Datum 29. Oct. 81. Dauer 11 — 5

Niveau innen / « aussen 8,5 Ctm. Inhalt d. Diffus. Anfang 168 CC. Ende 175 « Mittel — CC.

Inhalt z. Berechn. 175 CC. Gesammtmenge $M_n = 35\,a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Aeussere Flüssigkeit Temp. °C	NaCl %	Menge exosmosirtes NaCl: In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	nach n Stunden M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	10	2,45	—	—	—
1	—	—	a_1 685	23975	100
2	9	—	a_2 660	23785	99,2
3	—	2,40	a_3 650	24095	100,5
4	9	—	a_4 650	24745	103
5	—	2,45	a_5 690	26795	112
6	—	—	a_6 680	27135	113

NB. Schon innerhalb der ersten Stunde vor der ersten Probeentnahme war das Niveau im Diffusator um ca. ½ Ctm. über das äussere gestiegen und verblieb in dieser Höhe bis zuletzt. Eben deshalb muss auf 175 CC. Inhalt berechnet werden, da sich gegen Ende des Versuchs das Niveau innen nur um sehr wenig wieder erniedrigt hatte.

XXVI b Strömend Datum 30. Oct. 81. Dauer 9 — 3

Niveau innen 8,5 Ctm. Manom. aussen 9 « Inhalt d. Diffus. Anfang 168 CC. Ende 168 « Mittel 168 CC.

Inhalt z. Berechn. 168 CC. Gesammtmenge $M_n = 33{,}6\,a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Aeussere Flüssigkeit: Ausfluss-Menge CC in 1 Sec.	Temp. °C	NaCl %	Menge exosmosirtes NaCl: In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	nach n Stunden M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde. ruhend = 100
0	70	10	2,55	—	—	—
1	—	9	—	a_1 180	6048	25
2	—	—	—	a_2 360	12276	51
3	—	—	—	a_3 390	13644	57
4	—	—	2,48	a_4 420	15042	63
5	—	—	—	a 420	15462	64,5
6	70	9	—	a_6 420	15882	66

NB. Auch hier zeigte sich sofort ein Steigen im Diffusator von 8,5 Ctm. an um 1 Millim., welches sich aber bald wieder verringerte und innerhalb der ersten Stunde vollständig schwand. Um 1 Uhr stand das innere Niveau wieder 2 Millim. höher, ging aber später langsam wieder herunter.

XXVI c Strömend Datum 11. Novbr. 81. Dauer 10^{40} — 4^{30}

Niveau innen 8,5 Ctm. Manom. aussen 9 » Inhalt d. Diffus. Anfang 168 CC. Ende 160 « Mittel 164 CC.

Inh. z. Ber. $\begin{Bmatrix} a_1 - a_3\ 166 \\ a_4 - a_6\ 162 \end{Bmatrix}$ CC. Gesammtm. $M_n = \begin{Bmatrix} a_1 - a_3\ 33{,}2 \\ a_4 - a_6\ 32{,}4 \end{Bmatrix} a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Ausfluss-Menge CC in 1 Sec.	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde. ruhend = 100
0	142	9	2,60	—	—	—
1	—	8	—	a_1 130	4316	18
2	—	—	2,50	a_2 150	5110	21
3	142	8	—	a_3 160	5592	23
4	140	—	—	a_4*) 170	5948	25
5	—	8	2,55	a_5 180	6612	28
6	—	—	—	a_6*) 190	7116	30

NB. Es zeigte sich anfangs ein gelindes Steigen im Diffusator, welches aber sehr bald einem andauernden allmäligen Sinken Platz machte. Zur Berechnung kommen deshalb für $a_1 - a_3 = \frac{168 + 164}{2} = 166$ CC., für $a_4 - a_6 = \frac{164 + 160}{2} = 162$.

*) a_4 Bei dieser Probe sind 2mal 5 CC. entnommen und stimmten dieselben vollständigst im Gehalt überein; es ist Dies aber bei der Berechnung zu berücksichtigen.

*) a_6 Wegen Störung im Wasserlauf musste Probe a_6 10 Minuten vor Ablauf der vollen Stunde genommen werden, ist also etwas zu klein!

Versuchsreihe XXVII. Diffusator V. Dünne Bimstein-Platte No. 2. Porosität = 4,1.

XXVIIa Ruhend Datum 26. April 82. Dauer 10—4

Niveau innen / » aussen } 8,5 Ctm. Inhalt d. Diffus. { Anfang 168 CC. / Ende 174 » } Mittel — CC.

Inhalt z. Berechn. 174 CC. Gesammtmenge $M_n = 34{,}8\, a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Aeussere Flüssigkeit Temp. °C	NaCl %	Menge exosmosirtes NaCl: In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	nach n Stunden M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	14	2,55	—	—	—
1	—	—	a_1 630	21924	100
2	14	2,50	a_2 730	26034	119
3	—	—	a_3 780	28504	130
4	—	—	a_4 850	31720	145
5	14	2,50	a_5 830	31874	145
6	—	—	a_6 810	32008	146

NB. Die 6 CC. Mehrinhalt waren gleich in der ersten Stunde hineingetreten; also kommen sie ganz zur Berechnung.

XXVII c Strömend Datum 25. April 82. Dauer 9—3

Niveau innen 8,5 Ctm. Manom. aussen 9 » Inhalt d. Diffus. { Anfang 168 CC. / Ende 162 » } Mittel 165 CC.

Inhalt z. Berechn. 165 CC. Gesammtmenge $M_n = 33\, a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Aeussere Flüssigkeit Ausfluss-Menge CC in 1 Sec.	Temp. °C	NaCl %	Menge exosmosirtes NaCl: In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	nach n Stunden M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	143	14	2,60	—	—	—
1	—	—	—	a_1 220	7260	33
2	142	14	—	a_2 350	11770	54
3	—	—	2,65	a_3 400	13770	63
4	—	—	—	a_4 450	15820	72
5	144	14	2,65	a_5 510	18250	83
6	—	—	—	a_6 580	21070	96

Versuchsreihen XXVIII—XXIX.

Dicke Platten. Stärkste Concentration (ca. 2,5 %). Kleinste und mittlere Geschwindigkeit (ca. 4 und 8 Ctm.).

Versuchsreihe XXVIII. Diffusator I. Dicke Bimstein-Platte No. 3. Porosität = 1,4.

XXVIIIa Ruhend Datum 13. Nov. 81. Dauer 10—4

Niveau innen / » aussen } 8,5 Ctm. Inhalt d. Diffus. { Anfang 152 CC. / Ende 163 « } Mittel — CC.

Inhalt z. Berech. 163 CC. Gesammtmenge $M_n = 32{,}6\, a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl	M_n	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	11	2,57	—	—	—
1	—	—	a_1 590	19234	100
2	11	—	a_2 680	22758	118
3	—	2,60	a_3 940	31910	166
4	11	—	a_4 1070	37092	193
5	—	—	a_5 1160	41096	214
6	11	—	a_6 1150	41930	218

NB. Das Plus von 11 CC. des Diffusator-Inhaltes war gleich innerhalb der ersten Stunde hineingestiegen; es kommen also 163 CC. für denselben in Anrechnung.

XXVIII b Strömend Datum 15. Nov. 81. Dauer 10^{45}—4^{45}

Niveau innen 8,5 Ctm. Manom. aussen 9 » Inhalt d. Diffus. { Anfang a_1—a_3 155 / Ende — 149 } Mittel — CC.

Inh. z. Ber. $\begin{cases} a_1 - a_3\ 155 \\ a_4 - a_6\ 152 \end{cases}$ CC. Gesammtm. $M_n = \begin{cases} a_1 - a_3 = 31 \\ a_4 - a_6 = 30{,}4 \end{cases} a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Ausfluss-Menge CC in 1 Sec.	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl	M_n	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	70	10	2,50	—	—	—
1	70	—	—	a_1 550	17050	89
2	—	11	2,50	a_2 690	21940	114
3	—	—	—	a_3 790	25730	134
4	70	11	2,49	a_4 920	29998	156
5	—	11	—	a_5 990	33046	172
6	—	—	—	a_6 1040	35556	185

NB. Anfangs wurden 150 CC. hineingebracht; schon nach der ersten Stunde hatte sich das Niveau erhoben ca. = 5 CC entsprechend und blieb so bis zur 4. Stunde; von da an erniedrigte sich dasselbe bis 149 CC.; demnach sind für a_1 — a_3 155 CC, für a_4 — a_6 das Mittel von 155 — 149 = 152 CC. in Rechnung zu bringen.

XXVIII c Strömend Datum 12. Nov. 81. Dauer 9^{30}—3^{30}

Niveau innen / Manom. aussen } stets ½ Ctm. über d. Niveau. Inhalt d. Diffus. { Anfang 152 CC. / Ende 90 » } Mittel — CC.

Inhalt z. Berechn. 152 CC. Gesammtmenge $M_n = 30{,}4\, a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Ausfluss-Menge CC in 1 Sec.	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl	M_n	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	142	9	2,60	—	—	—
1	—	—	—	a_1 50	1520	8,0
2	—	—	—	a_2 55	1722	9,0
3	144	9	2,60	a_3 45	1473	7,7
4	—	—	—	a_4 60	1974	10,3
5	—	8,5	2,55	a_5 80	2642	13,7
6	145	8	—	a_6 80	2722	14,0

NB. Die Berechnung der Diffusionsmengen ist hier ohne Rücksicht auf die Absaugung, d. h. also auf den gleichbleibenden Inhalt = 152 CC. erfolgt.

Versuchsreihe XXIX. Diffusator I. Dicke Bimstein-Platte No. 4. Porosität = 4,8.

XXIXa **Ruhend** Datum 6. Mai 82. Dauer 10—4

Niveau innen / » aussen } 8,5 Ctm. Inhalt d. Diffus. Anfang 152 CC. Ende 154 » Mittel 153 CC.

Inhalt z. Berechn. 153 CC. Gesammtmenge $M_n = 30{,}6\,a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Aeussere Flüssigkeit		Menge exosmosirtes NaCl		
	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	nach n Stunden M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	15	2,60	—	—	—
1	—	—	a_1 400	12240	100
2	15	2,55	a_2 500	15700	128
3	—	—	a_3 600	19260	157
4	—	—	a_4 750	24450	200
5	15	2,60	a_5 850	28260	231
6	—	—	a_6 950	32170	263

XXIXc **Strömend** Datum 24. April 82. Dauer 1^{50}—5^{50}

Niveau innen / Manom. aussen } stets ½ Ctm. über Niveau. Inhalt d. Diffus. Anfang 153 CC. Ende 90 » Mittel — CC.

Inhalt z. Berechn. 153 CC. Gesammtmenge $M_n = 30{,}6\,a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Aeussere Flüssigkeit			Menge exosmosirtes NaCl		
	Ausfluss-Menge CC in 1 Sec.	Temp. °C	NaCl %	In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	nach n Stunden M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	142	14	2,75	—	—	—
1	—	—	2,65	a_1 5	153	1,25
2	144	14	—	a_2 5	158	1,30
3	147	14	2,60	a_3 5	163	1,33
4	—	—	—	a_4 5	168	1,37
5	—	—	—	a_5 —	—	—
6	—	—	—	a_6 —	—	—

NB. Die Berechnung der Diffusionsmengen ist hier ohne Rücksicht auf die Absaugung, d. h. also auf den gleichbleibenden Inhalt = 153 CC. erfolgt.

Zu den vorstehenden Versuchsreihen XXVI—XXIX ist eine sofortige kurze Erklärung betreffs der Druckverhältnisse und der Berechnung der absoluten und relativen Diffusionsmengen erforderlich. In allen jenen Versuchen »ruhend« tritt ein sofortiges Steigen der Flüssigkeit im Diffusator bis zu einem Maximum ein und erhält sich auf demselben bis zum Schlusse. Da dasselbe zweifellos durch capillare Wirkung veranlasst ist, so findet es in sich selbst die Druckausgleichung, und es bedarf daher, um an der unteren Fläche der Bimstein-Platte einen gleichen statischen Druck zu haben, keines tieferen Einsenkens des Diffusators. Selbstverständlich muss dagegen die Berechnung der absoluten Diffusionsmenge auf das erhöhte Volum erfolgen.

Bei den strömenden Versuchsreihen XXVIIIc und XXIXc zeigt sich eine so ausserordentliche Abnahme (von 62 und 84 CC.) im Diffusator, dass in Folge dessen z. B. die letztere nur 4 Stunden lang fortgesetzt werden konnte. Damit ist aber zugleich eine Druckabnahme im Diffusator verknüpft, welche nicht mehr wie die bisherigen vernachlässigt werden darf, wenn die Grundbedingung unserer Versuche — gleicher Seitendruck — erhalten bleiben soll. Es musste demnach auch entsprechend dieser Abnahme der in der strömenden Lösung herrschende, an dem Manometer ablesbare Innendruck gradatim erniedrigt werden, was mittels des Regulirrohres leicht erreichbar war (S. 21). Nunmehr kann nur die Frage entstehen, in welcher Weise die Berechnung auf die absoluten Diffusionsmengen erfolgen solle. Dass jene ausserordentliche Abnahme mit dem eigentlichen osmotischen Vorgange selbst Nichts zu thun habe, liegt sehr nahe und habe ich deshalb auch zunächst die Berechnung so durchgeführt, als ob das Volum von 152 und 153 CC. ganz unverändert geblieben wäre; diese Zahlen sind in die obigen Versuchstabellen eingetragen. Andererseits lässt sich aber doch nicht verkennen, dass damit nicht eigentlich der Gesammteffect der Strömung

in den betr. Versuchsreihen zur Anschauung kommt, da die factisch exosmosirten Salzmengen sehr viel kleinere gewesen sind. Um sie zu berechnen und diese Differenzen klarzustellen war aber nothwendig, das bei jeder stündlichen Probenentnahme im Diffusator wirklich vorhandene Wasservolum zu kennen. Durch Notirung der Höhenstände und Nachfüllen aus einem Messcylinder bis zu diesen Niveauhöhen nach Abschluss der Versuchsreihe war dasselbe leicht zu ermitteln und damit die genaue Berechnung führbar. Dieselbe stellt sich dann folgendermaassen:

Für Versuchsreihe XXVIII c.

Nach Stunden	Niveauhöhe im Diffusator	Entsprechendes Volum	Aus d. stdl. Proben-Entnahmen berechnete Diffusionsmengen. Absolute	Relative
0	8,5 Ctm.	152 CC.	—	—
1	7,75 »	140 »	1400 Ctmilligrm.	7,3
2	7,25 »	128 »	1458 »	7,6
3	7,0 »	122 »	1203 »	6,3
4	6,75 »	114 »	1518 »	7,9
5	6,50 »	98 »	1778 »	9,2
6	6,25 »	90 »	1730 »	9,0

Für Versuchsreihe XXIX c.

Nach Stunden	Niveauhöhe im Diffusator	Entsprechendes Volum	Absolute	Relative
0	8,5 Ctm.	153 CC.	—	—
1	7,75 »	138 »	138 »	1,1
2	6,75 »	112 »	117 »	0,9
3	5,75 »	88 »	98 »	0,8
4	4,75 »	59 »	74 »	0,6

Die Ergebnisse dieser Versuche und ihre kritische Besprechung.

Das vorliegende Beobachtungsmaterial wird sich nun ganz wie früher am besten ausnutzen lassen, wenn wir ihm eine übersichtliche Zusammenstellung geben. Daher mögen hier sofort die

Uebersichtstabellen 8 und 9

Platz finden.

Uebersichtstabelle 8.

Gebrannte Thonplatten.

Absolute Diffusionsmengen nach n Stunden in Centimilligramm.

Diaphragma	Dünne Thonplatte = 0,1—0,15 Ctm. (Stets dieselbe Platte)										Dicke Platte, 0,2-0,25 Ctm.	
	Mittlere Concentration = 1,30 %		Stärkste Concentration = ca. 2,50 %								Stärkste Concentration = 2,50 %	
Versuchs-Reihe	XXIa.	XXIc.	XXIIa.	XXIIc.	XXIIIa.	XXIIIb.	XXIIIc.	XXIVa.	XXIVc.	XXIVd.	XXVa.	XXVc.
Datum	29. Sept. 1881	28. Sept. 1881	1. Oct. 1881	30. Sept. 1881	30. Oct. 1881	29. Oct. 1881	10. Nov. 1881	4. Oct. 1881	3. Oct. 1881	5. Oct. 1881	30. Sept. 1881	1. Oct. 1881
Temperatur	14½-15	13-14	15	14	10	8-10	7-9	14	14	12-13	14	14
Concentration	1,35	1,30-34	2,70	2,70	2,55-60	2,40-50	2,50-60	2,60	2,40-56	2,75	2,60-65	2,55-65
Stromgeschw.	Ruhend —	Strömend 8 Ctm.	Ruhend —	Strömend 8 Ctm.	Ruhend —	Strömend 4 Ctm.	Strömend 8 Ctm.	Ruhend —	Strömend 8 Ctm.	Strömend 10 Ctm.	Ruhend —	Strömend 8 Ctm.
Std. 1	334	334	502	501	504	334	334	502	334	333	327	327
› 2	678	511	1355	683	1038	1012	678	1355	678	509	337	337
› 3	865	526	2400	1037	2229	1376	1032	2232	1032	691	510	510
› 4	1224	708	3475	1401	3134	1750	1227	3637	1396	711	689	689
› 5	1760	895	4915	1942	4400	1967	1765	4747	1770	1064	1036	872
› 6	2478	1087	6227	2498	5365	2690	1982	5887	2321	1260	1393	1061

Relative Diffusionsmengen (Menge Erste Stunde Ruhend = 100) nach n Stunden.

Std. 1	100	100	100	100	100	66	66	100	67	67	100	100
› 2	203	153	270	136	206	201	135	270	135	101	103	103
› 3	260	160	478	206	442	273	205	445	206	138	156	156
› 4	367	212	692	279	622	347	243	724	278	142	211	211
› 5	527	269	979	387	873	390	350	946	353	212	317	267
› 6	742	325	1240	498	1064	534	393	1173	462	251	426	324
Inhalts-Differenz in CC.	— 2	— 2	— 1	— 2	± 0	— 2	— 2	— 1	— 2	— 3	— 1	— 1

Uebersichtstabelle 9.

Bimstein-Platten.

Absolute Diffusionsmengen nach n Stunden in Centimilligramm.

	Dünne Platten = 0,35 Ctm. Stärkste Concentrat. = ca. 2,50 %.					Dicke Platten = 1,1 Ctm. Stärkste Concentration = ca. 2,50 %.						
Platte	No. 1. Geringere Porosität = 1.			No. 2. Grössere Porosität = 4,1.		No. 3. Geringere Porosität = 1,4.				No. 4. Grössere Porosität = 4,8.		
Versuchs-Reihe	XXVIa.	XXVIb.	XXVIc.	XXVIIa.	XXVIIc.	XXVIIIa.	XXVIIIb.	XXVIIIc.		XXIXa.	XXIXc.	
Datum	29. Oct. 1881	30. Oct. 1881	11. Nov. 1881	26. April 1882	25. April 1882	13. Nov. 1881	15. Nov. 1881	12. Nov. 1881		6. Mai. 1882	24. April 1882	
Temperatur	9—10	9—10	8—9	14	14	11	10—11	8—9		15	14	
Concentration	2,40-45	2,48-55	2,50-60	2,50-55	2,60-65	2,57-60	2,49-50	2,55-60		2,55-60	2,60-75	
Stromgeschw.	Ruhend —	Strömend 4 Ctm.	Strömend 8 Ctm.	Ruhend —	Strömend 8 Ctm.	Ruhend —	Strömend 4 Ctm.	Strömend 8 Ctm.	Factische Mengen (veränderl. Vol.)	Ruhend —	Strömend 8 Ctm.	Factische Mengen (veränderl. Vol.)
Std. 1	23975	6048	4316	21924	7260	19234	17050	1520	1400	12240	153	138
» 2	23785	12276	5110	26034	11770	22758	21940	1722	1458	15700	158	117
» 3	24095	13644	5592	28504	13770	31910	25730	1473	1203	19260	163	98
» 4	24745	15042	5948	31720	15820	37092	29998	1974	1518	24450	168	74
» 5	26795	15462	6612	31874	18250	41096	33046	2642	1778	28260	—	—
» 6	27135	15882	7116	32008	21070	41930	35556	2722	1730	32170	—	—

Relative Diffusionsmengen (Menge Erste Stunde Ruhend = 100) nach n Stunden.

	XXVIa.	XXVIb.	XXVIc.	XXVIIa.	XXVIIc.	XXVIIIa.	XXVIIIb.	XXVIIIc.		XXIXa.	XXIXc.	
Std. 1	100	25	18	100	33	100	89	8,0	7,3	100	1,2	1,0
» 2	99	51	21	119	54	118	114	9,0	7,6	128	1,3	0,9
» 3	100	57	23	130	63	166	134	7,7	6,3	157	1,3	0,8
» 4	103	63	25	145	72	193	156	10,3	7,9	200	1,4	0,6
» 5	112	64	28	145	83	214	172	13,7	9,2	231	—	—
» 6	113	66	30	146	96	218	185	14,0	9,0	263	—	—
Inhalts-Differenz in CC.	+ 7	± 0	— 8	+ 6	— 6	+ 11	— 6	— 62		+ 2	(— 84) in 4 Std.	

Ebenso verweise ich zugleich auf die nach diesen Tabellen construirten
Curventafeln 5—7
und bemerke nur, dass in letzteren die weniger bedeutungsvollen Versuchsreihen XXI und XXV aus Gründen der Sparsamkeit und Uebersichtlichkeit nicht mit verzeichnet sind.

Unmittelbar aus den Zahlentabellen und Curventafeln ergeben sich dann die nachstehenden Thatsachen.

1. **Die Exosmose an porösen Platten (Thon, Bimstein) wird ceteris paribus durch das Strömen der Salzlösung in sehr erheblichem Grade vermindert, ja unter Umständen fast aufgehoben,** d. h. die durch dieselbe Platte in gleichen Zeiten und unter sonst gleichen Verhältnissen aus der strömenden Flüssigkeit exosmosirten Salzmengen sind stets sehr viel kleiner als aus der ruhenden, ja unter Umständen verschwindend klein gegen die letzteren.

Diese sehr interessante Fundamental-Erscheinung zeigt sich in den Zahlentabellen ausnahmslos; es sei denn, dass wie bei Versuchsreihe XXVa c wegen der Dicke der Platte, die ja genugsam durch die geringen absoluten Diffusionsmengen illustrirt wird, der Einfluss erst in den späteren Versuchszeiten hervortritt. In Versuchsreihe XXIVa c (Thon) z. B. ist nach 6 Stunden ruhend etwa das 12fache, strömend dagegen nur das 5fache der in der ersten Stunde ruhend exosmosirten Salzmenge hindurchgegangen. Bei Versuchsreihe XXIXa c (Bimstein) dagegen beträgt z. B. die nach 4stündiger Dauer ruhend durchgegangene Salzmenge das 2fache, die strömend exosmosirte nur $^1/_{166}$ der in der ersten Stunde ruhend gefundenen Diffusionsmenge. In klarster Veranschaulichung zeigen so auch die Curventafeln Nr. 5—7, dass die (gestrichelten) Strömungs-Curven stets unterhalb der (ausgezogenen) Ruhe-Curven liegen und zwar unter Umständen (Versuchsreihen XXVIIIc und XXIXc) fast mit der Abscissenaxe zusammenfallen.

2. **Die Abnahme der Exosmose an porösen Platten durch Strömen der Lösung scheint an sich (qualitativ) unabhängig von allen sonst auf die Diffusion wirkenden Factoren zu sein.**

Trotzdem ich bei den bis jetzt durchgeführten Versuchen mit porösen Platten die Variation der Versuchsbedingungen noch in sehr viel bescheideneren Grenzen habe halten müssen, als bei den Membranen, so glaube ich dennoch schon auf Grund des vorliegenden Materiales zu dem obigen Ausspruche vollberechtigt zu sein. Die übereinstimmend an allen Zahlencolumnen und Curvenpaaren zu Tage tretende Abnahme bei den strömenden Versuchen, mögen dieselben mit Thon oder Bimstein, an dickeren oder dünneren Platten, bei höherer oder niederer Temperatur, schwächerer oder stärkerer Concentration der Lösung, grösserer oder geringerer Stromgeschwindigkeit angestellt sein, lässt die Unabhängigkeit der Erscheinung von allen diesen Factoren innerhalb der für sie eingehaltenen Schwankungen nicht bezweifeln. Dass aber nicht allein die vorstehend benutzten Thon- und Bimstein-Diaphragmen sich so verhalten, sondern dass man wohl berechtigt ist, auch für andere, also wahrscheinlich für alle »porösen Platten« das Gleiche anzunehmen, dafür sprechen die früher (S. 72 f.) erwähnten Vorversuche mit

Gyps, Thon der galvanischen Thonzellen u. s. w., welche eine Abnahme der Exosmose durch Strömung deutlich bekundeten, wenn sie auch keine quantitativ brauchbaren Ergebnisse lieferten.

Die Unabhängigkeit der Erscheinung von der Zeitdauer der Versuche — die Erhaltung gleicher Concentrationsdifferenz bis zu einem gewissen Grade ($^1/_{10}$) selbstverständlich vorausgesetzt (S. 30) — leitet sich nicht minder sicher aus den Tabellen und Tafeln ab, da für jede Stunde die Abnahme mit gleicher Consequenz erfolgte. Wenn in einzelnen Fällen innerhalb der ersten Stunde eine solche nicht erscheint (Versuchsreihe XXI und XXII), so hängt Dies zweifellos mit dem Einflusse der Imbibition der Platten zusammen, und wenn sich in Versuchsreihe XXV sogar in 4 Stunden keine Abnahme offenbart, so wird dafür neben der Imbibition sowohl der directe Einfluss der Dicke als namentlich die durch dieselbe bewirkte Verringerung der absoluten Diffusionsmengen verantwortlich zu machen sein, welche nur so geringe Differenzen schafft, dass sie innerhalb der Beobachtungsfehler liegen.

Wirft man aber einen Blick auf die Curventafeln, so sieht man bei aller Verschiedenheit des Charakters derselben klar und deutlich, dass die zu einem Paar gehörigen Curven in überwiegender Anzahl mit der Zeit divergiren oder mindestens parallel laufen, zum deutlichsten Beweise dafür, dass eine Umkehr der Erscheinung mit der Zeit nicht eintritt. Es fällt damit auch von Vornherein der Gedanke weg, als habe man es in den hier zur Diskussion stehenden Wahrnehmungen lediglich mit einer Anfangserscheinung zu thun. Die Versuchsreihen XXVII a c und XXVIII a b bieten zwar Ausnahmen, insoferne die Curven in ausgesprochenem Maasse convergiren, allein da bei letzteren die kleinste Stromgeschwindigkeit geherrscht hat und die zugehörige Versuchsreihe XXVIII c mit grösserer Stromgeschwindigkeit sich ganz im obigen Sinne verhält, so wird es um so wahrscheinlicher, dass auch bei Versuchsreihe XXVII a c andere Momente oder Beobachtungsfehler störend eingewirkt haben.

3. Dem Grade nach (quantitativ) erscheint die Verminderung der Exosmose an porösen Platten durch Strömen der Lösung

abhängig von der specifischen Natur, Porosität und Dicke der Platte, sowie von der Stromgeschwindigkeit,

unabhängig dagegen von der Zeitdauer.

Aus denselben Gründen und nach denselben Principien wie früher (S. 49) stellen wir uns noch eine neue

Uebersichtstabelle 10 (umstehend)

zusammen, welche die »Verminderung« der Exosmosenabnahmen der verschiedenen Versuchsreihen besser unter einander vergleichbar machen soll.

Uebersichtstabelle 10.

Die Verminderung der Diffusionsmengen aus der strömenden Lösung,
ausgedrückt in % der in gleichen Zeiten aus der ruhenden Lösung erhaltenen Mengen.

Concentration	Poröse Thonplatten. Vers.-Reihe	Stromgeschwind. b = ca. 4 Ctm. n. 4Std.	Stromgeschwind. b = ca. 4 Ctm. n. 6Std.	Stromgeschwind. c = ca. 8 Ctm. n. 4Std.	Stromgeschwind. c = ca. 8 Ctm. n. 6Std.	Stromgeschwind. d = ca. 10 Ctm. n. 4Std.	Stromgeschwind. d = ca. 10 Ctm. n. 6Std.	Bimstein. Vers.-Reihe	Stromgeschwind. b = ca. 4 Ctm. n. 4Std.	Stromgeschwind. b = ca. 4 Ctm. n. 6Std.	Stromgeschwind. c = ca. 8 Ctm. n. 4Std.	Stromgeschwind. c = ca. 8 Ctm. n. 6Std.	Stromgeschwind. d = ca. 10 Ctm. n. 4Std.	Stromgeschwind. d = ca. 10 Ctm. n. 6Std.
Mittlere = ca. 1,30 %	XXI	—	—	42%	56%	—	—							
Stärkste = ca. 2,50 %	XXII	—	—	60%	60%	—	—	XXVI Poros. = 1	39%	42%	76%	73%	—	—
	XXIII	44%	50%	61%	63%	—	—	XXVII Poros. = 4,1	—	—	50%	34%	—	—
	XXIV	—	—	62%	60%	80%	79%							
	Dicke Pl. XXV	—	—	0	24%			Dicke Pl. XXVIII Poros. = 1,4	19%	15%	95% (96%)	94% (96%)	—	—
								XXIX Poros. = 4,8	—	—	99,3% (99,7%)	—	—	—

Bezüglich des Einflusses der Concentration der Lösungen fehlen hinreichende Beobachtungsdaten, da nur eine Versuchsreihe XXI zum Vergleiche vorliegt.

Dagegen lässt sich die Bedeutung der verschiedenen Stromgeschwindigkeit schon aus den Curventafeln erkennen, auf denen die Strömungs-Curven in um so kleinerem Abstande von der Abscissen-Linie resp. in um so grösserem von der zugehörigen Ruhe-Curve liegen, je grösser die Stromgeschwindigkeit ist. Und aus der Tabelle 10 entnehmen wir mit zahlenmässigen Belegen dieselbe Thatsache, dass die Verminderung der Exosmose mit der Zunahme der Stromgeschwindigkeit wächst. In Versuchsreihe XXIII und XXIV betrug die Verminderung bei einer Geschwindigkeit von 4 Ctm. = 50 %, bei einer solchen von 8 Ctm. = 60—63 % und bei einer von 10 Ctm. = 80 %. In Versuchsreihe XXVI und XXVIII stieg die Verminderung bei einer Verdoppelung der Geschwindigkeit (4 auf 8 Ctm.) von resp. 42 % und 15 % auf 73 % und 94 %.

Der Einfluss der specifischen Natur des Diaphragma veranschaulicht sich aus den vorliegenden Daten direkt nicht sehr klar und überzeugend; denn wenn die Bimstein-Platten in den Versuchsreihen XXVI c, XXVIII c, XXIX c gegenüber XXII c—XXIV c ceteris paribus eine erheblich stärkere Verminderung zu bieten scheinen,

so ist bei Versuchsreihe XXVII c gegenüber XXII c—XXIV c und bei XXVI b gegenüber XXIII b wieder das Gegentheil der Fall. Allein indirekt offenbart sich derselbe, sobald man zugleich die Dicke des Diaphragma mit berücksichtigt. Denn während letztere bei den Thon-Platten die Verminderung sehr abschwächt (von 60 % auf 24 %) steigert sie dieselbe bei den Bimstein-Platten bedeutend (von 73 % auf 94 %), ein in seinem Gegensatze um so beachtenswertheres Verhalten als die Dicke der betr. Thon-Platte nur um das Doppelte, diejenige der betr. Bimstein-Platte dagegen um mehr als das Dreifache vergrössert war. In naheliegender Gedankenverbindung hiemit entsteht alsdann die Frage, in welcher Weise und welcher Stärke der Porositätsgrad der Platten auf die Verminderung der Exosmose durch Strömung einwirkt, und die experimentelle Ausführung knüpft naturgemäss an die Bimstein-Masse an, weil man bei derselben durch einfache Besichtigung mit unbewaffnetem Auge leicht ein ungefähres Urtheil über den Porositätsgrad gewinnen und darnach die Platten wählen kann. Vergleicht man nun die dahingehörigen Versuchsreihen XXVI c und XXVII c einerseits, XXVIII c und XXIX c andererseits untereinander, so stellt sich das merkwürdige Ergebniss heraus, dass bei der dünnen Bimstein-Platte die Erhöhung der Porosität (um das 4fache) eine Abnahme der Verminderung (von 76 % auf 50 %), bei der dicken Platte dagegen die Erhöhung der Porosität (um das 3,5-fache) eine Zunahme der Verminderung (von 95 resp. 96 % auf 99,3 resp. 99,7 %) hervorruft. Sollte sich diese Thatsache bei weiter fortgesetzten Untersuchungen bestätigen und sich daher mit grösserem Rechte, als ich bisher beanspruchen kann, verallgemeinern lassen, so käme man zu der bemerkenswerthen Schlussfolgerung, dass die Exosmose an porösen Platten (von der Natur des Bimsteins) durch Strömen der Lösung in um so höherem Grade verringert wird, je dicker und je poröser sie sind.

Allerdings ist bei den letzten Diskussionen und Verwerthungen der Beobachtungsdaten der eine Punkt vernachlässigt worden, inwieweit die specifische Natur des Diaphragma auch bei einer und derselben Substanz (Thon oder Bimstein) schwanken und deshalb auf die gewonnenen Zahlen einwirken könne. Bei den Membranen habe ich diesem Momente den weitgehendsten Einfluss zugestehen müssen (S. 51), weil bei ihnen eine Aussonderung der einzelnen Factoren der Dicke und des Porositätsgrades schwer oder garnicht durchführbar ist, mithin in der That eine ausserordentliche Variabilität im Gesammteffect begreiflich ist und sich auch experimentell offenbart. Anders liegt aber die Sache bei einer und derselben porösen unorganischen Masse, wo die Annahme sehr wohl gerechtfertigt erscheint, dass die Verschiedenheit der Substanz selbst in engeren Grenzen schwankt und daher auch nur von untergeordneterer Wirkung auf die Osmose sein wird. Die aus gleichem Material nach gleicher Methode gebrannten Thon-Platten werden also in dieser Richtung ebenso als nahe gleichwerthig angesehen werden können, wie die aus verschiedenen Parthieen desselben Stückes Bimstein gefertigten Platten.

Wenden wir uns jetzt zu der letzten noch ausstehenden Erörterung, in welcher Beziehung die Verminderung der Exosmose zu der Zeitdauer steht, so ist schon früher (S. 85) aus den Zahlentabellen und aus der stetigen Divergenz der Strömungs-

und Ruhe-Curven das Factum erwiesen, dass unter unseren Versuchs-Verhältnissen (Erhaltung der Concentrations-Differenz bis zu einem gewissen Grade) die Exosmose mit der Zeit immer mehr abnimmt. Will man aber den Grad dieser Abnahme, die »Verminderung«, aus der Uebersichtstabelle 10 entnehmen, so dürfte auf den ersten Blick nur schwer ein Resultat zu erzielen sein; denn wenn die entsprechenden Verminderungen bei 4- und 6stündiger Versuchsdauer in Vergleich gestellt werden, so findet man, dass dieselben in 5 Fällen (XXI a c, XXIII a b, XXIII a c, XXV a c, XXVI a b) mit der Zeit gestiegen, in 1 Falle (XXII a c) sich gleich geblieben, in 6 Fällen (XXIV a c, XXIV a d, XXVI a c, XXVII a c, XXVIII a b, XXVIII a c) kleiner geworden sind. Und da diese Abweichungen sich über alle Versuchsgruppen vertheilen, so erscheint eine allgemeine Schlussfolgerung unmöglich. Erwägt man aber, dass die Versuchsreihe XXV für vorliegende Frage kaum in Betracht kommen, also ausgeschieden werden kann, weil der grossen Dicke der feinporösen Thonmasse wegen die Osmose überhaupt so verlangsamt ist (S. 85), dass ferner gerade die mit derselben Thonplatte unter nahezu gleichen Verhältnissen ausgeführten Versuchsreihen XXII c, XXIII c, XXIV c zeigen, wie eine Differenz von einigen % in den Zahlen durch die unvermeidlichen Schwankungen in den Versuchsbedingungen und die ebenso unvermeidlichen Beobachtungsfehler naturgemäss erklärt wird, so muss unser Urtheil anders ausfallen. Denn es zeigt sich alsdann, dass in allen 11 obigen Versuchsreihen, die noch verwerthbar bleiben, nur in 2 Fällen (XXI a c, XXVII a c) diese Differenz hinreichend gross ist, um mit Sicherheit auf andere aussergewöhnliche Ursachen geschoben werden zu müssen, während in 9 Fällen die Verminderung bei 4- und 6stündiger Versuchsdauer als gleich geblieben anzusehen ist. Mag man nun jene zwei Ausnahmefälle, die überdies noch in entgegengesetztem Sinne sprechen, durch aussergewöhnliche Fehler oder sonstwie erklären, jedenfalls wird man gegenüber der Uebereinstimmung der anderen Versuchsreihen ein entscheidendes Gewicht ihnen nicht zuerkennen und sich mit grosser Wahrscheinlichkeit zu dem Schlusse berechtigt erachten, dass die Verminderung der Exosmose ceteris paribus constant d. h. also von der Zeit unabhängig ist.

4. Bei der Exosmose strömender Salzlösungen gegen Wasser an porösen Platten erfolgt stets ein im Verhältniss zu der erheblichen Verminderung der exosmosirten Salzmengen sehr viel grösserer Eintritt von Wasser als bei ruhenden Lösungen; die Strömung bewirkt also eine Aufhebung respective tiefgreifende Störung des Gesetzes der osmotischen Aequivalenz.

Zur Ableitung dieser Thatsache aus den Beobachtungen entwerfen wir uns auch hier wie früher (S. 55 f.) eine neue

Uebersichtstabelle 11, (Siehe nebenstehend)

welche ohne Weiteres verständlich ist.

Uebersichtstabelle 11.

Die Volumänderungen im Diffusator bei phaneroporösen Diaphragmen (porösen Platten)

im Vergleiche zu den absoluten Mengen exosmosirten Kochsalzes.

Concentration der Lösung	Poröse Thon-Platten. Versuchs-Reihe No.	Dauer Stunden	Absol. Diff.-Menge Ruhend Ctmilligrm. NaCl	Volum-Aenderung im Diffusator CC.	Absol. Diff.-Menge Strömend Ctmilligrm. NaCl	Entspr. Verminderg der Diff.-Menge durch Strömung	Bimstein-Platten. Versuchs-Reihe No.	Dauer Stunden	Absol. Diff.-Menge Ruhend Ctmilligrm. NaCl	Volum-Aenderung im Diffusator CC.	Absol. Diff.-Menge Strömend Ctmilligrm. NaCl	Entspr. Verminderg der Diff.-Menge durch Strömung
Mittlere	XXI a	6	2478	— 2	—	—						
= ca. 1,30 %	XXI c	6	—	— 2	1087	56 %						
	XXIIa	6	6227	— 1	—	—	XXVIa	6	27135	+ 7	—	—
	XXIIc	6	—	— 2	2498	60 %	XXVIc	6	—	— 8	7116	73 %
Stärkste	XXIIIa	6	5365	± 0	—	—	XXVIIa	6	32008	+ 6	—	—
= ca. 2,5 %	XXIIIc	6	—	— 2	1982	63 %	XXVIIc	6	—	— 6	21070	34 %
	XXIVa	6	5887	— 1	—	—						
	XXIVc	6	—	— 2	2321	60 %						
	XXVa	6	1393	— 1	—	—	XXVIIIa	6	41930	+ 11	—	—
	XXVc	6	—	— 1	1061	24 %	XXVIIIc	6	—	— 62	1730	96 %
							XXIXa	6	32170	+ 2	—	—
							XXIXc	4	—	— 82	74	99,7 %

Ohne uns an dieser Stelle mit denjenigen Zahlen zu beschäftigen, welche die entsprechenden Versuchsreihen für ruhende Diffusion geliefert haben, ist es doch zweifellos, dass, so lange das Gesetz der osmotischen Aequivalenz Geltung beansprucht, die Volumabnahmen im Diffusator wachsen müssen, wenn die absoluten Mengen exosmosirten Salzes grössere geworden, und abnehmen müssen, wenn die letzteren kleinere geworden sind. Bei den Membranen haben wir dieses Gesetz, wenn auch in gewisser Erweiterung und mit Berücksichtigung der Concentration der Lösungen und der specifischen Natur der Membran vollbestätigt gefunden (S. 52 ff.). Da nun die Strömung an porösen Platten die in gleichen Zeiten exosmosirten Salzmengen stets verringert, so müssen auch die am Ende der Versuche strömend beobachteten Volumabnahmen kleiner sein, als bei der ruhenden Diffusion. Unsere Tabelle zeigt nun augenscheinlich das gerade Gegentheil: entweder sind die Volumabnahmen gleich gross, trotzdem die Verminderung der Exosmose 24—56 % beträgt (Versuchsreihen XXIa c, XXVa c), oder es sind, wie in den sämmtlichen andern Fällen, trotz einer bis 99,7 % eingetretenen Verminderung der Exosmose die Volumabnahmen sogar grösser. Ja! diese Volumabnahme erreicht gerade bei diesen Maximal-Verminderungen (Versuchsreihen XXVIIIa c, XXIXa c) eine Höhe, welche als ganz exorbitant angesehen werden muss. Hier reichen nun alle Erklärungsversuche unter Beziehung auf die specifische Natur der Platten u. s. w. absolut nicht aus. Alles widerspricht vielmehr so direct dem berührten Gesetz, dass man dasselbe als bei der strömenden Osmose gründlich gestört resp. ganz aufgehoben ansehen und jene Volumabnahmen durch ganz andere wirksam werdende Factoren erklären muss. Man wird demnach auch nicht mehr von einer »Endosmose« im eigentlichen Sinne des Wortes sprechen können, sondern dafür der Kürze halber eine neue Bezeichnung »Pseudo-Endosmose« einführen müssen.

5. Die porösen Platten von Thon und Bimstein — so sehr sie den Membranen in ihrer Abweichung bei der strömenden Diffusion gemeinsam gegenübertreten — offenbaren unter einander selbst wieder grosse Verschiedenheiten, sowohl bei der strömenden als auch bei der ruhenden Osmose.

Je klarer und entschiedener der volle Gegensatz poröser Diaphragmen zu den eigentlichen Membranen bezüglich der Erscheinungen bei strömender Diffusion im Laufe der bisherigen Betrachtungen hervorgetreten ist, um so beachtenswerther wird auch die bei meinen Untersuchungen gewonnene weitere Thatsache werden, dass jene ersteren unter einander wieder ein ganz abweichendes Verhalten zeigen. Und zwar ist dasselbe ein zu gegensätzliches, um es allein auf die (im engsten Sinne zu nehmende) specifische Beschaffenheit im Uebrigen gleichartiger Substanzen zurückführen zu können, sondern man wird hier tieferliegende Unterschiede im Character derselben als wirksam anzusehen haben. Allerdings habe ich sehr heterogene Körper, wie feinstporösen Thon und grobporösen Bimstein, zur Anwendung gebracht, allein Dies ist mit Rücksicht auf die Klarstellung jenes Unterschiedes gerade absichtlich geschehen.

Dass bei der strömenden Diffusion ein derartiger Gegensatz sich hinsichtlich des Einflusses der Plattendicke zu offenbaren scheint, insofern mit deren Zunahme die

Verminderung der Exosmose ceteris paribus bei den Thon-Platten abnimmt, bei den Bimstein-Platten aber wächst, ist schon oben (S. 87) besprochen und aus Uebersichtstabelle 10 sofort ersichtlich. Ebenso sind die in den Strömungs-Versuchen aus dem Diffusator aufgenommenen Wassermengen, d. h. die in diesem beobachteten Volumabnahmen bei den Bimstein-Platten so unvergleichlich viel grösser als bei den Thonplatten, dass man berechtigt erscheint, hier nicht blos einen graduellen, sondern einen principiellen Unterschied anzunehmen, — eine aus Uebersichtstabelle 11 leicht erkennbare Thatsache, auf welche gleichfalls soeben die Aufmerksamkeit gelenkt worden ist.

Ganz besonders aber enthüllt sich dieses widersprechende Verhalten, wenn wir auf die ruhende Diffusion einen Blick werfen. Schon die Anschauung der Curventafeln 5—7 giebt dazu Veranlassung. Die (gestrichelten) Strömungs-Curven sind alle concav gegen die Abscissenaxe, verhalten sich also in dieser Hinsicht, wie alle Curven bei den Membranen, und wenn es mir auch nicht gelungen ist, aus den Beobachtungsdaten eine oder mehrere empirische Gleichungen abzuleiten, welche genügende Uebereinstimmung bieten, wenn ich also auch hier im Gegensatze zu den Membran-Curven darauf verzichten muss, das Curvengesetz zu geben und daraus jene bleibende Concavität zu beweisen, so wird dieselbe doch gerade durch jene Anschauung genügend festgestellt erscheinen. Das Gleiche ist der Fall mit den Ruhe-Curven für Bimstein, deren Concavität ausser Zweifel ist, während nun die Ruhe-Curven für Thon eine ausgesprochene Convexität erkennen lassen. Hier zeigt sich also — da doch die Curven das Gesetz der Erscheinung wiedergeben — ein voller und tiefliegender Gegensatz.

Noch schlagender tritt ein solcher uns entgegen, wenn wir an der Hand der Uebersichtstabelle 11 den scheinbar rein endosmotischen Vorgang der ruhenden Versuche kritischer Prüfung unterwerfen. An den Thon-Platten sehen wir eine den verschiedenen Quantitäten der in den Diffusator exosmosirten Salzmengen entsprechende Volumabnahme. Zwar stimmen die Zahlen nicht mit dem *Jolly*'schen osmotischen Aequivalent für NaCl, denn aus den Versuchsreihen XXI a und XXV a berechnet sich dasselbe ungefähr = 80, aus den Versuchsreihen XXII a bis XXIV a dagegen ungefähr = 17; allein wir wissen von früher (S. 58 f.), dass diese Abweichung unter einander und von jener Normal-Zahl (4,5) einfach bedingt ist durch die Abhängigkeit der osmotischen Aequivalenz von der Natur und Beschaffenheit der Diaphragmen sowie von der Concentration der Lösungen. Man hat also durchaus keine Veranlassung, an der Uebereinstimmung der an den Thon-Platten ruhend beobachteten Endosmose mit dem Gesetze der osmotischen Aequivalenz zu zweifeln. Dagegen bieten nun die Bimstein-Platten die zwiefach auffallende gegensätzliche Erscheinung, dass in dem Diffusator eine unter Umständen recht beträchtliche Volumzunahme auftritt, welche sich gleich in der ersten Versuchsstunde einstellt und dann unverändert bleibt. Berücksichtigt man dabei, dass die absoluten Mengen des schon in der ersten Stunde exosmosirten Kochsalzes sehr erhebliche (12000—24000 Ctmgrm.) sind, dass sie aber in den weiteren 5 Stunden noch bis zum 2,5fachen wachsen, ohne dass damit eine Verringerung jener Volumzunahme verknüpft ist, so wird man zugeben müssen, dass hier

nicht nur ein einschneidender Gegensatz zu den Thon-Platten, sondern auch eine völlige Aufhebung des Gesetzes der osmotischen Doppelströmung und Aequivalenz selbst für den Ruhezustand vorliegt.

Die Erklärung der Beobachtungen an den phaneroporösen Diaphragmen (porösen Platten).

Der oft hervorgehobene Gegensatz der Erscheinungen, welcher durch die Strömung der Lösungen bei der Osmose an den kryptoporösen Substanzen einerseits und den phaneroporösen andererseits offenbar wird, erstreckt sich auch gewissermassen noch auf die Möglichkeit, für dieselbe eine brauchbare physikalische Erklärung zu finden. Während ich darauf habe verzichten müssen, die Beobachtungen an den Membranen, hauptsächlich also die Zunahme der Exosmose mit der Strömung, irgendwie zu deuten (S. 71), glaube ich für diejenigen an den porösen Platten, also besonders für die Abnahme der Exosmose mit der Strömung, wenigstens einen Weg zur Erklärung angeben zu können. Und wie die experimentellen Ergebnisse an den porösen Platten meine ersten Vorversuche an den Gypsröhren vollkommen bestätigten (s. Einleitung S. 11), so habe ich auch keinen besseren Erklärungsmodus aufzufinden vermocht, als denjenigen, welcher schon dort angeführt ist und welcher thatsächlich in deductiver Weise zur Inangriffnahme der ganzen Untersuchung veranlasst hat.

Darnach betrachte ich die Abnahme der Exosmose an den phaneroporösen Diaphragmen durch die strömende Bewegung der Flüssigkeit als die Folge einer durch letztere an den Oeffnungen der Poren-Kanäle hervorgerufenen hydrodynamischen Ansaugung, mit welcher eben eine (negative) Druckdifferenz verbunden ist, die ihrerseits auf die exosmotische Bewegung der gelösten Substanzen einen hindernden Einfluss üben muss. Dass eine im Sinne der Endosmose, aber nicht als solche, sondern als »Pseudo-Endosmose« wirkende Ansaugung in allen mit phaneroporösen Platten (Thon, Bimstein) ausgeführten Versuchen stattgefunden hat, ist wie wir wissen Thatsache. In so weit findet also jene Annahme in rein objectiven Feststellungen ihre Grundlage. Auch an der Existenz der Porenkanäle, deren wir behufs Anwendung des hydrodynamischen Vorganges nicht entbehren können, wird man keinen Anstand nehmen; denn wir mögen uns dieselben noch so fein, noch so complicirt und verzweigt verlaufend denken, wie wir wollen, vorhanden müssen sie sein, wenn anders die osmotische Wanderung von der einen zur anderen Seite des Diaphragma begreiflich sein soll. Aber allerdings schliesst sich hier eine Folgerung an, für welche es wieder eine experimentelle Controlle geben wird. Die specifisch osmotische Wirkung eines Diaphragma überhaupt kann gegenüber der freien Hydrodiffusion nur durch eine, wenn auch noch so geheimnissvolle, so doch nothwendig bestehende Wechselbeziehung zwischen der Substanz der Kanalwände und der in sie eindringenden Flüssigkeiten erklärt werden.

Je grösser der Durchmesser dieser Kanäle, desto geringer wird die Stärke dieser Wechselwirkung auf die centralen Flüssigkeitsfäden in denselben sich offenbaren, desto leichter werden diese letzteren anderen auf sie wirkenden Einflüssen, also z. B. einer auf hydrodynamischen Vorgängen beruhenden Ansaugung, folgen müssen. Mit anderen Worten: es wird mit Zunahme der Porosität einer Substanz in diesem Sinne die durch Strömung hervorgerufene Ansaugung (d. i. Volumabnahme im Diffusator) wachsen und mit diesem Wachsthum, wenn anders meine Vorstellung richtig sein soll, die Exosmose sich vermindern müssen. Nun wird man doch ohne weitere Beweise — die übrigens aus meinen Versuchen über die Filtration und die ruhende Osmose an den betr. Platten wohl abzuleiten wären — zugeben, dass sich der feingebrannte Thon von dem Bimstein neben allem Sonstigen gerade durch die grössere Weite der Porenkanäle unterscheidet, so dass bei letzterem neben eigentlichen Porenkanälen und Capillarröhren zweifellos auch manche über das Maass der letzteren hinausgehende Röhrenstränge die Verbindung zwischen den beiderseitigen Flüssigkeiten vermitteln. Es wird demnach an dem Bimstein eine solche mechanische Wirkung mit ihren geschilderten Consequenzen in ungleich höherem Grade erkenntlich sein müssen als bei dem Thon. Wie stellen sich nun hiezu die thatsächlichen Ergebnisse der Versuche? Ein Rückblick auf die letzten Kapitel mit ihren Versuchs- und Uebersichtstabellen, ihren Curventafeln und Schlussfolgerungen zeigt dieselben in vollstem Einklange mit dieser Deduction: die Bimstein-Platten bekunden ceteris paribus und im Allgemeinen gegenüber den Thon-Platten sowohl eine erhebliche Steigerung der Ansaugung (»Volumabnahme im Diffusator«) als eine beträchtliche Verminderung der Exosmose.

Ich leugne nun gewiss nicht, dass man die Zahl meiner bestätigenden Versuche für etwas klein erachten darf, und ebensowenig, dass es wünschenswerth gewesen wäre, durch weitere Variation der Versuchsbedingungen (namentlich z. B. betr. des einseitigen statischen Ueberdruckes) die Zulässigkeit jener Erklärung gründlicher zu prüfen. Allein hier musste ich im Interesse des vorläufigen Abschlusses meiner Untersuchungen auf die Ausfüllung dieser mir wohl bekannten Lücken verzichten und mich mit der Ueberzeugung trösten, dass auch im Gebiete wissenschaftlicher Forschung und im Hinblicke auf die Mitarbeit der Fachgenossen der Grundsatz »bis dat, qui cito dat« seine Geltung hat. Ich möchte also jene Erklärung der Versuchsergebnisse nur als einen Versuch betrachtet wissen, welcher weiterer Prüfung zu unterziehen ist.

D. Die Exosmose ruhender und strömender Kochsalz-Lösungen gegen destillirtes Wasser durch Combinationen von krypto-porösen und phaneroporösen Diaphragmen (Membranen und porösen Platten).

Nach den bemerkenswerthen Ergebnissen der beiden vorigen Kapitel, welche ein so entgegengesetztes Verhalten der Membranen und porösen Platten namentlich bei der strömenden Diffusion darbieten, lag etwas ausserordentlich Verführerisches in dem Gedanken, nun einmal die Wirkung zu studiren, welche eine Combination solcher verschiedenartiger Diaphragmen auf den osmotischen Process ausüben würde. Denn es konnte dieselbe — falls nicht etwa wieder ganz neue und dann um so interessantere Erscheinungen auftraten — gewissermassen vorausgesagt und so eine Art experimentum crucis für die Richtigkeit der früheren Beobachtungen gewonnen werden. Bei einer derartigen Combination müssten sich nämlich die gegensätzlichen Wirkungen mehr oder minder ausgleichen, also entweder eine wirkliche Zwischenerscheinung hervorrufen oder aber der Einfluss des einen oder anderen Diaphragma überwiegen. Abgesehen von dieser Anregung wurde ich aber auch noch durch eine rein technische Frage zur Vornahme der neuen Experimente veranlasst, auf welche am Schlusse dieser Abhandlung zurückzukommen sein wird.

Behufs der experimentellen Durchführung wählte ich die Combination von Bimstein und Schweinsblase als denjenigen Diaphragmen, welche ihre Gegensätzlichkeit qualitativ wie quantitativ am ausgesprochensten offenbart haben, und da an den Bimstein-Platten selbst wieder ein sehr verschiedener Wirkungsgrad je nach der Dicke und Porosität derselben hervorgetreten war, so liess sich hier voraussichtlich am besten der dem Grade nach wechselnde Einfluss einer solchen Combinirung erkennen. Die dünne Bimstein-Platte No. 2 bot die geringeren, die dicke Bimstein-Platte No. 4 die grössten Extreme; es wurden deshalb diese beiden Platten in den Diffusatoren V und I mit einer aus demselben Stück hergestellten gleichmässig gespaltenen Schweinsblase, die man demnach als gleichwerthig ansehen darf, in der üblichen Weise überspannt und nun mit ihnen ganz wie in allen anderen Untersuchungen gearbeitet. Wir erlangen so zwei Combinationen, nämlich:

Combination I: Dünne Bimstein-Plattte No. 2 mit Schweinsblase,
Combination II: Dicke Bimstein-Platte No. 4 mit Schweinsblase

und die

Versuchsreihen XXX und XXXI

Versuchsreihe XXX (Combination I)

Diffusator V. Combination I: Dünne Bimstein-Platte No. 2 + Schweinsblase.

XXX a Ruhend Datum 28. April 82. Dauer 9 — 3

Niveau innen / « aussen } 8,5 Ctm. Inhalt d. Diffus. { Anfang 168 CC. / Ende 168 « } Mittel 168 CC.

Inhalt z. Berechn. 168 CC. Gesammtm. $M_n = 33{,}6\ a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Aeussere Flüssigkeit Temp. °C	Aeussere Flüssigkeit NaCl %	Menge exosmosirtes NaCl: In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	nach n Stunden M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	14	2,65	—	—	—
1	—	—	a_1 20	672	100
2	—	—	a_2 30	1028	153
3	14	2,60	a_3 40	1394	207
4	—	—	a_4 50	1770	263
5	14	2,60	a_5 75	2660	396
6	—	—	a_6 90	3239	482

XXX c Strömend Datum 27. April 82. Dauer $8^{50} - 2^{50}$

Niveau innen 8,5 Ctm. / Manom. aussen 9 « Inhalt d. Diffus. { Anfang 168 CC. / Ende 166 « } Mittel 167 CC.

Inhalt z. Berechn. 167 CC. Gesammtmenge $M_n = 33{,}4\ a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Aeussere Flüssigkeit Ausfluss-Menge CC in 1 Sec.	Temp. °C	NaCl %	Menge exosmosirtes NaCl: In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	nach n Stunden M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	142	13	2,60	—	—	—
1	—	—	—	a_1 40	1336	199
2	143	13	2,60	a_2 90	3046	453
3	—	—	—	a_3 120	4138	616
4	—	—	—	a_4 130	4592	683
5	143	13	2,55	a_5 140	5056	752
6	—	—	—	a_6 140	5196	773

Versuchsreihe XXXI (Combination II)

Diffusator I. Combination II: Dicke Bimstein-Platte No. 4 + Schweinsblase.

XXXI a Ruhend Datum 27. April 82. Dauer $9^{10} - 3^{10}$

Niveau innen / « aussen } 8,5 Ctm. Inhalt d. Diffus. { Anfang 150 CC. / Ende 148 « } Mittel 149 CC.

Inhalt z. Berechn. 149 CC. Gesammtm. $M_n = 29{,}8\ a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Aeussere Flüssigkeit Temp. °C	Aeussere Flüssigkeit NaCl %	Menge exosmosirtes NaCl: In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	nach n Stunden M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	—	—	—	—	—
1	14	2,60	a_1 10	298	100
2	—	—	a_2 20	606	203
3	14	2,55	a_3 30	924	310
4	—	—	a_4 40	1252	420
5	14	—	a_5 50	1590	533
6	—	—	a_6 60	1938	650

XXXI c Strömend Datum 26. April 82. Dauer $9^{30} - 3^{30}$

Niveau innen 8,5 Ctm. / Manom. aussen 9 « Inhalt d. Diffus. { Anfang 150 CC. / Ende 148 « } Mittel 149 CC.

Inhalt z. Berechn. 149 CC. Gesammtmenge $M_n = 29{,}8\ a_n + \Sigma a_{n-1}$

Nach Stunden	Aeussere Flüssigkeit Ausfluss-Menge CC in 1 Sec.	Temp. °C	NaCl %	Menge exosmosirtes NaCl: In 5 CC gefund. NaCl in Ctmilligrm.	nach n Stunden M_n in Ctmilligrm.	Menge d. erst. Stde ruhend = 100
0	145	14	2,55	—	—	—
1	—	—	—	a_1 10	298	100
2	—	—	—	a_2 20	606	203
3	144	14	2,60	a_3 25	775	260
4	—	—	—	a_4 30	949	318
5	144	14	2,50	a_5 35	1128	378
6	—	—	—	a_6 35	1163	390

Ehe man nun in der gewohnten Art aus diesen Beobachtungsdaten die Folgerungen ableitet, wird man sich zu vergegenwärtigen haben, dass dieselben nur dann in anschaulicher und zuverlässiger Gestalt zu gewinnen sind, wenn man die Erscheinungen an den einzelnen Diaphragmen selbst zum Vergleiche an der Hand hat. Dies ist uns für die beiden Bimstein-Platten No. 2 und No. 4 allerdings in den früher mitgetheilten Versuchsreihen XXVII und XXIX geboten, hinsichtlich der jetzt benutzten Schweinsblase aber gestattete leider der Ablauf der Ferien nicht, ihre Wirkung in besonderen Versuchsreihen festzustellen, und es bleibt also nichts übrig, als eine der früheren mit gespaltener Blase gewonnenen Versuchsreihen (XIII) zum Vergleiche heranzuziehen. Berücksichtigt man ferner, dass auch Bimstein-Platte No. 2 einige kleine Unregelmässigkeiten zeigte, und dass ja überhaupt nur je zwei Versuchsreihen vorliegen, so

wird man hinsichtlich der zuziehenden Folgerungen von Vorneherein das Hauptgewicht auf den qualitativen Verlauf, weniger auf den quantitativen, legen und auch darauf verzichten müssen, letzteren bis in alle Einzelheiten zu verfolgen.

Dies vorausgeschickt, geben wir nun zunächst die nach früheren und eben besprochenen Gesichtspunkten entworfene, zu schnellerer Erkenntniss unentbehrliche

Uebersichtstabelle 12.

Vergleichende Zusammenstellung der Diffusionsmengen bei Combination verschiedenartiger Diaphragmen:

Bimstein allein, Bimstein mit Schweinsblase und Schweinsblase allein unter gleichen Verhältnissen der Concentration, Stromgeschwindigkeit etc.

Absolute Diffusionsmengen nach n Stunden in Centimilligramm.

Diaphragma	Dünner Bimstein No. 2		Combination I Dünner Bimstein No. 2 mit Schweinsblase		Schweinsblase No. 5		Combination II Dicker Bimstein No. 4 mit Schweinsblase		Dicker Bimstein No. 4	
Versuchs-Reihe	XXVIIa.	XXVIIc.	XXXa.	XXXc.	XIIIa.	XIIIc.	XXXIa.	XXXIc.	XXIXa.	XXIXc.
Datum	26. April 1882	25. April 1882	28. April 1882	27. April 1882	17. Nov. 1881	18. Nov. 1881	27. April 1882	26 April 1882	6. Mai. 1882	24. April 1882
Temperatur	14	14	14	13	11—12	9½—11	14	14	15	14
Concentration	2,50-55	2,60-65	2,60-65	2,55-60	2,48-49	2,48-49	2,55-60	2,50-60	2,55-60	2,60-75
	Ruhend	Strömend	Ruhend	Strömend	Ruhend	Strömend	Ruhend	Strömend	Ruhend	Strömend
Stromgeschw.	—	8 Ctm.	—	8 Ctm.	—	8 Ctm.	—	8 Ctm.	—	8 Ctm.
Std. 1	21924	7260	672	1336	6650	8750	298	298	12240	138
› 2	26034	11770	1028	3046	10690	17050	606	606	15700	117
› 3	28504	13770	1394	4138	18340	24880	924	775	19260	98
› 4	31720	15820	1770	4592	24450	32920	1252	949	24450	74
› 5	31874	18250	2660	5056	30545	40470	1590	1128	28260	—
› 6	32008	21070	3239	5196	36270	48210	1938	1163	32170	—

Relative Diffusionsmengen (Menge Erste Stunde Ruhend = 100) nach n Stunden.

Std. 1	100	33	100	199	100	132	100	100	100	1,0
› 2	119	54	153	453	161	256	203	203	128	0,9
› 3	130	63	207	616	276	374	310	260	157	0,8
› 4	145	72	263	683	368	495	420	318	200	0,6
› 5	145	83	396	752	460	609	533	378	231	—
› 6	146	96	482	773	545	725	650	390	263	—
Inhalts-Differenz in CC.	+ 6	— 6	± 0	— 2	— 2	— 2	— 2	— 2	+ 2	(— 84) in 4 Std.

Unter gleichzeitigem Hinweis auf die entsprechende

Curventafel No. 8

entwickeln sich dann nachstehende Thatsachen, welche in verallgemeinerter Ausdrucksweise wiederzugeben gestattet sein mag, und wobei, einer späteren Erläuterung im zweiten Theile dieser Blätter vorgreifend, die Bimstein-Platten zum Unterschiede von den Thon-Platten (S. 90 ff.) als Vertreter der »makroporösen« Stoffe angesehen werden.

1. Durch die Combination kryptoporöser (Schweinsblase) mit makroporösen (Bimstein) Diaphragmen werden ceteris paribus die absoluten Mengen exosmosirten Salzes sowohl ruhend als strömend im Allgemeinen verringert, ausnahmsweise erhöht.

Als Beispiele hierfür entnehmen wir der Tabelle 12 die folgenden:

Es exosmosirten Centimilligramme Kochsalz

nach	bei	a Ruhend	c Ström.	dagegen bei	a Ruhend	c Ström.
6 Stunden	Schweinsblase allein (XIII)	36270	48210	Combination I (XXX)	3239	5196
	Dünne Bimstein-Platte No. 2 (XXVII) . .	32008	21070			
4 Stunden	Schweinsblase allein (XIII)	24450	32920	Combination II (XXXI)	1252	949
	Dicke Bimstein-Platte No. 4 (XXIX). . .	24450	74			

Die eintretende Verringerung ist durch die Erschwerung des osmotischen Austausches an sich ohne Weiteres und naturgemäss erklärt. Nicht minder begreiflich aber ist, dass da, wo die Diffusionsmengen durch eine stark ansaugende Wirkung des Stromes sehr niedrig ausfallen (XXIXc), die diese Ansaugung beeinträchtigende Gegenwirkung einer Membran dieselben erhöht (XXXI c).

2. Je weniger kräftig das makroporöse Diaphragma in seinem Charakter sich geltend macht, desto mehr verhält sich die Combination ähnlich einer Membran (Combination I), je kräftiger jenes, desto mehr bewahrt die Combination das Verhalten einer makroporösen Platte (Combination II).

Vergleicht man die Zahlen der relativen Diffusionsmengen bei beiden Versuchsreihen, so zeigt sich, dass dieselben bei XXX und XXXI ruhend wie strömend sehr viel schneller wachsen als bei XXVII und XXIX, gerade wie dies bei der Schweinsblase (XIII) der Fall ist. Es wird Dies auch durch die steilere Richtung der Curvenpaare XXX a c und XXXI a c gegenüber derjenigen von XXVII a c und XXIX a c veranschaulicht, von denen erstere dem Curvenpaar XIII a c sich anschmiegen. Zeigt sich

hierdurch der allgemeine Einfluss der Schweinsblase in beiden Combinationen, so tritt die differente Wirkung derselben zunächst sehr deutlich darin zu Tage, dass bei Combination I die Zahlen der strömenden Diffusionsmengen grösser sind als die der ruhenden, die Strömungs-Curve XXX c also oberhalb der Ruhe-Curve XXX a liegt, d. h. die Exosmose durch Strömung wie bei Schweinsblase vermehrt wird, während bei Combination II die Zahlen der strömenden Diffusionsmengen kleiner sind als die der ruhenden, die Strömungs-Curve XXXI c unterhalb der Ruhe-Curve XXXI a läuft d. h. also die Exosmose durch Strömung wie bei den Bimstein-Platten allein vermindert wird. Auch bei der wahren oder scheinbaren Endosmose wird der verschiedenartige Einfluss der Membran in beiden Combinationen ersichtlich. Bei der ruhenden Diffusion wird die an den Bimstein-Platten beobachtete Aufhebung des osmotischen Austausches theils abgeschwächt (XXX a), theils wieder rückgängig gemacht (XXXI a), insofern die Volumzunahme im Diffusator dort gleich Null, hier sogar in eine Abnahme umgewandelt wird. Dagegen zeigt sich bei der strömenden Diffusion in XXX c eine den gesteigerten Mengen entsprechend zunehmende Volumabnahme, also wie bei Membranen eine Erhaltung des Gesetzes der osmotischen Aequivalenz, während bei XXXI c trotz einer Verminderung der exosmosirten Mengen um 40 % die Volumabnahme dieselbe geblieben ist, also eine Pseudo-Endosmose resp. wirkliche Absaugung wie bei makroporösen Diaphragmen bekundet wird.

Man kann nach diesen Thatsachen gewiss mit Recht behaupten, dass die im Eingange dieses Abschnittes erwähnte Controllprobe für die Richtigkeit der sämmtlichen früheren Untersuchungen zu vollster Zufriedenheit ausgefallen ist und alle unsere Voraussetzungen bestätigt hat. Ruft man sich dabei in das Gedächtniss, dass das in Combination I verwendete makroporöse Diaphragma sich von dem in Combination II benutzten eben nur durch seine Dicke und seinen Porositätsgrad unterscheidet, so wird man zugleich zu der für practische Zwecke verwerthbaren und auch allgemein interessanten Schlussfolgerung gelangen, dass unter sonst gleichen Verhältnissen die durch Strömung an einer makroporösen Platte hervorgerufenen osmotischen Erscheinungen desto weniger durch ein mit ihr verbundenes kryptoporöses Diaphragma (Membran) beeinflusst werden, je dicker und poröser jene ist.

II. Allgemeiner Theil.

A. Zusammenstellung der Resultate und deren Bedeutung in physikalischer, physiologischer und technischer Hinsicht.

Nachdem in dem ersten Theile dieser Blätter die einzelnen Experimentaluntersuchungen und die sich unmittelbar an dieselben anreihenden Schlussfolgerungen niedergelegt sind, erscheint es wünschenswerth, sich das Gesammtergebniss derselben zu veranschaulichen und damit zugleich einen Einblick in den Gewinn zu verschaffen, welcher zunächst für die physikalische Forschung aus demselben abzuleiten sein wird. Betreffs des ersten Punktes muss ich auch hier an den früher wiederholt gemachten Vorbehalt erinnern, dass ich selbst manche meiner empirisch gefundenen »Gesetze« für noch nicht ausreichend erwiesen erachte, dennoch aber aus Zweckmässigkeitsgründen ihnen einen concisen Ausdruck in typographisch hervortretender Form gegeben habe, um eben die Aufmerksamkeit der Fachgenossen besser auf sie zu lenken und dadurch ihre Nachprüfung von berufener Seite zu befördern. Hinsichtlich des zweiten Punktes werde ich mich aber noch bescheidener auf blosse Andeutungen beschranken; denn eine erschöpfende Würdigung der Versuchsresultate würde allzuviel Raum beanspruchen und überdies eine so volle und eingehende Bekanntschaft mit der physikalischen Gesammtlehre von der Diffusion und ihrer mathematischen Diskussion, eine solche Beherrschung des ausserordentlich umfangreichen literarischen Materiales voraussetzen, wie sie mir nicht zu Gebote steht. —

Meine Untersuchungen bewegen sich ausschliesslich auf dem Gebiete der Osmose tropfbarer Flüssigkeiten (der gehemmten Hydrodiffusion) und zwar in der Beschränkung auf Kochsalz (NaCl) und Wasser, während hinsichtlich der Diaphragmen und der Concentration der Salzlösungen eine grössere Variation vorliegt. Die zur Anwendung gebrachte Methode machte das gleichzeitige Studium der Erscheinungen im Ruhezustand der Flüssigkeiten (ruhende Diffusion, Osmose) nothwendig, und da sich fast alle bisherigen Arbeiten in diesem Gebiete auf diese Voraussetzung gründen, so wird zunächst die Frage entstehen, wie sich die von mir gefundenen Versuchsergebnisse in dieser Beziehung zu den anderweitig festgestellten Gesetzen verhalten. In der That würde sich aus dem vorliegenden ziemlich grossen Beobachtungsmaterial durch eine relativ einfache Berechnung und Besprechung ein ganz interessanter Ver-

20*

gleich entwickeln lassen, allein ich habe darauf sowohl bei den bisherigen Erörterungen als auch an dieser Stelle verzichten zu müssen geglaubt, um die Hauptaufgabe dieser Arbeit klarer hervortreten zu lassen. Vielleicht bietet sich mir oder Anderen später eine Gelegenheit, die Verwerthung der Daten nach dieser Richtung durchzuführen. Nur betreffs zweier Punkte war eine Inbetrachtnahme unvermeidlich; sie beziehen sich auf die Gesetze der osmotischen Doppelströmung und der osmotischen Aequivalenz bei der ruhenden Diffusion. Erstens hat sich nämlich ergeben, dass bei makroporösen Substanzen, wie Bimstein, die osmotische Doppelströmung ganz aufgehoben erscheint, insofern der Wasserstrom in gleicher Richtung mit dem Salzstrome, also nur eine einseitige Bewegung beobachtet wurde (S. 91). In allen anderen Fällen war dagegen eine Doppelströmung deutlich nachweisbar, mithin auch eine Prüfung der osmotischen Aequivalenz ermöglicht. Zweitens stellte sich dabei heraus, dass die letztere für das gleiche Salz (NaCl) keineswegs constant, sondern sehr abhängig ist von der specifischen Natur der Diaphragmen und von der Concentration der Lösungen. Während z. B. die V.-R. XII—XIV für eine Concentration = 2,50 % die *Jolly*'sche Normalzahl 4,5 als osmotisches Aequivalent für NaCl ergaben, leiteten sich aus den V.-R. IX und XI für eine Concentration = 1,30 % die Zahl 25 und aus V.-R. X für dieselbe Concentration sogar die Zahl 65—70 ab. In letzterem Falle war eben die sonst einfach benutzte Schweinsblasenmembran noch mit Eiweiss überzogen und somit wesentlich geändert worden. Hinsichtlich des Einflusses der Concentration bieten die Thon-Platten in den V.-R. XXI einer- und XXII—XXIV andererseits dasselbe Bild dar; dort berechnet sich für eine Concentration = 1,30 % die Zahl 80, hier für eine Concentration = 2,50 % die Zahl 16,7. Die osmotische Aequivalentzahl für Kochsalz (NaCl) ist also um so grösser, je geringer die Concentration der Lösung.

Alle diese Wahrnehmungen bestätigen theils, theils erweitern sie die früheren Arbeiten von *Graham, Eckhard, Fick* u. v. A.

Der Schwerpunkt und die Hauptaufgabe meiner eigentlichen Untersuchung liegen aber nun in ganz anderer Richtung, nämlich in der Durchführung eines, wie ich glaube, völlig neuen Gesichtspunktes: die Osmose bei strömender Bewegung der Flüssigkeiten zu studiren.[1]

---

[1] Allerdings begegnet man in neueren und neuesten Arbeiten auf dem Diffusionsgebiete hier und da scheinbar demselben Gedanken; bei näherer Betrachtung zeigt sich aber, dass es sich dabei um ganz andere Dinge handelt. Wenn z. B. in den Untersuchungen von *J. Schuhmeister* (Wien. Sitzungsber. Math.-Nat. Cl. Abth. II, Bd. 79 [1879], p. 606) und *J. Stefan* (Ibid. Bd. 81 [1880], p. 210) von der Diffusion von Salzlösungen gegen einen continuirlichen Wasserstrom die Rede ist, so soll derselbe — ganz abgesehen davon, dass hier die freie Hydro-Diffusion studirt wird, — nichts anderes bewirken, als die Erhaltung der Concentrationsdifferenz, und sind deshalb auch die strömend bewegten Flüssigkeitsmassen sehr gering, z. B. bei den *Schuhmeister*'schen Versuchen 5—6 Liter pr. Tag. Ebenso verhält es sich bei den betreffenden Arbeiten über Gas-Diffusion von *J. Puluj* (Ibid. Bd. 75 [1877], p. 401 ff. und *A. v. Obermayer* (Ibid. Bd. 85 [1882], p. 147). Letztere behandelt die freie Gas-Diffusion, erstere die »Diffusion der Dämpfe durch Thonzellen« und berührt damit ein dem unsrigen sehr naheliegendes Gebiet. Allein die von *Puluj* experimentell in Anwendung gebrachte Strömung erstreckte sich auf beide Körper, sowohl auf die in der

Und hier dürfen wir nun als das unanfechtbare Hauptresultat der Untersuchung aussprechen, dass die strömende Bewegung die Osmose tropfbarer Flüssigkeiten in hohem Grade und in sehr verschiedener Weise beeinflusst, dass sie die bisher dafür aufgestellten Gesetze mehr oder minder ganz umgestaltet, dass sie also ein Factor ist, welcher in Zukunft bei osmotischen Untersuchungen und bei Aufstellung von Theorieen die vollste Berücksichtigung verdient.

Als ein zweites allgemeines und ebenso unleugbares Ergebniss stellt sich dann, wenn wir die verschiedenen Arten jenes Einflusses studiren, die Abhängigkeit der durch die Strömung hervorgerufenen Erscheinungen von der verschiedenartigen Natur der Diaphragmen dar. Jedoch nicht etwa in dem Sinne, dass ein jedes seiner chemischen Constitution nach abweichende oder verschieden dicke Diaphragma eine Besonderheit offenbare, sondern es lässt sich mit unverkennbarer Deutlichkeit eine Gruppenzusammengehörigkeit der Stoffe feststellen, welche durch die Gegensätzlichkeit jener Erscheinungen charakterisirt ist und innerhalb welcher sich nur graduelle Unterschiede offenbaren. Eigentliche Membranen, Pergament-Papier, Eiweiss, Schweinsblase, zeigen eine Zunahme der Exosmose aus der strömenden Salzlösung, andere durchlässige Körper (Gyps, Thon, Bimstein etc.) das umgekehrte Verhalten, und unter den letzteren sondert sich wieder scharf die eine Gruppe (Gyps, Thon etc.) von der anderen (Bimstein etc.). Wollen wir die Ursache dieser Gruppenzusammengehörigkeit unserem Verständnisse erschliessen, so bleibt schlechterdings kaum ein anderer Weg, als indem wir auf die molekulare Structur derselben zurückgehen, und diese wieder wird bezüglich der Diffusion vor Allem in der verschiedenen Art der Porosität sich geltend machen, da die Doppelwanderung der Flüssigkeiten durch ein Diaphragma in erster Linie nur möglich sein wird, wenn ihnen in demselben Verbindungswege, d. h. eben Porenkanäle im weiteren Sinne dargeboten werden, und da vor Allem von deren Weite und Verlauf neben der stofflichen Beschaffenheit der Wandsubstanzen der Charakter der osmotischen Erscheinung abhängen muss.

Wenn s. Z. noch *C. Ludwig*[1] sich begnügt, die Verschiedenheit der Porosität als »molekulare« oder »grobe« oder an anderer Stelle als »wesentliche« oder »zufällige« zu bezeichnen, wenn man auch sonst sie nur als »molekulare« und »capillare« unterschieden findet, so tragen diese Classificirungen der wahren, complicirten Natur derselben sicherlich nicht Rechnung. Der Aufbau der Körpermassen im Allgemeinen, sowohl der unorganischen als der organischen, ist ungleich verwickelter und deshalb auch die Art der in ihnen vorhandenen Zwischenräume. Wollte man sich in eine Vorstellung hierüber vertiefen, so hätte man von den Molekülen ausgehend zu den Molekulargruppen (Tagmen *Pfeffer*'s, Micellen *Nägeli*'s), von da bei organischen Stoffen

---

Thonzelle befindlichen Dämpfe (Wasser. Alkohol u. s. w.), als auf die die Thonzelle umspülende Luft, und besass gleiche Geschwindigkeit. Es sollte und konnte demnach ein Einfluss der Strömung als solcher gar nicht studirt werden; die ganze Anordnung bezweckt nur eine erleichterte Bestimmbarkeit der diffundirten Dampfmengen.

[1] C. Ludwig, Lehrbuch der Physiologie, 2te Aufl., I (1858) p. 75, und II (1861) p. 203 u. 210.

zu den Zellen und weiter zu den histologischen Gebilden (Gefässen etc.) fortzuschreiten und endlich für sie wie für die unorganischen Massen die gröbere Anordnung der Massentheile zu berücksichtigen, mit welcher dann je nachdem capillare oder schliesslich zufällige, grobe, weite Zwischenräume verbunden sind. Man hätte also der Wege sehr viele, auf welchen die osmotische Wanderung durch einen festen Körper hindurch erfolgen könnte.

Wir unsererseits wollen uns nicht in dieser mehr oder minder speculativen Anschauung weiterbewegen, sondern uns nur an das Experimentalergebniss unserer Untersuchungen halten und uns mit der daraus zu folgernden Classificirung der Porosität begnügen. Dann wird aber ohne Weiteres zuzugeben sein, dass die Membranen von den bei der strömenden Osmose so ganz abweichend sich verhaltenden anderen Materialien (Gyps, Thon etc.) hinsichtlich ihrer Porosität vor Allem darin unterschieden sind, dass bei jenen dieselbe ungleich feiner, der directen Wahrnehmung verschlossener ist, als bei letzteren. Aus diesem Grunde benenne ich jene als »kryptoporöse«, diese als »phaneroporöse« Stoffe. Und wenn ferner innerhalb der letzten Gruppe wiederum eine Differenzirung durch das Verhalten bei strömender Osmose angezeigt erscheint, so gruppiren sich Massen wie Gyps, Cement, feingebrannter Thon u. s. w. gegenüber solchen wie Bimstein, gewöhnliche Mauersteine etc. von selbst als »mikroporöse« gegenüber »makroporösen«.

Die im ersten Theile geschilderten Untersuchungen über die strömende Osmose führen also zu einer Zwei- resp. Dreitheilung der Körperwelt bezüglich des wesentlichen Zustandes ihrer Porosität, welche ich durch die Bezeichnungen

kryptoporöse und

phaneroporöse { mikroporöse / makroporöse

festhalten zu dürfen geglaubt habe. Und wie uns dieses Resultat, welches für die Molekular-Physik immerhin von einigem Interesse sein dürfte, gewissermaassen als Nebengewinn dargeboten wird, so gewährt es vice versa in Zweifelfällen den practischen Nutzen, die unbekannte Art der Porosität einer Substanz experimentell zu bestimmen. Man hat nur eine Platte desselben als Diaphragma in den früher geschilderten Apparat einzusetzen, dasselbe ruhend und strömend nach den dort gegebenen Anleitungen zu untersuchen, und man wird durch wenige Versuchsreihen die entsprechende Antwort erhalten. Im Uebrigen war es schon im ersten Theile dieser Blätter unvermeidlich, von dieser Gruppirung Notiz zu nehmen und sich mit den betr. Bezeichnungen vertraut zu machen, wollte man nicht unnöthige Unklarheit und Schwerfälligkeit in der Darstellung hervorrufen. Dabei aber wird man sich auch erinnern, dass die ruhende Diffusion eine ähnliche Verschiedenheit nach den Gruppen offenbart (S. 100), womit eine fernere Sicherstellung dieser letzteren angedeutet ist.

Nachdem so die Abhängigkeit der Erscheinungen bei strömender Osmose von der verschiedenartigen Porosität der Körper im Allgemeinen als das zweite Hauptergebniss an und für sich und in seinen Consequenzen entwickelt worden ist, würde ich jetzt die Schilderung der Special-Erscheinungen in ihrem Zusammenhang mit dieser

Porosität zu geben haben. Allein, um diese Recapitulation nicht so ermüdend, sondern vielmehr recht anschaulich zu machen, wähle ich unter gleichzeitigem Hinweis auf die Curventafeln die folgende tabellarische Gegenüberstellung, weil sich auf diesem Wege auch die genauere Gruppencharakteristik ergiebt.

Die von mir beobachteten osmotischen Erscheinungen waren:	Falls die Diaphragmen nachstehende Körpergruppen repräsentirten:
I. Die Exosmose wird durch Strömung gesteigert. (Die Strömungs-Curven liegen oberhalb der Ruhe-Curven.) Diese Steigerung wächst mit zunehmender Stromgeschwindigkeit. Die Endosmose wird durch Strömung nicht beeinflusst und das Gesetz der osmotischen Aequivalenz nicht gestört. Das Gesetz der Abhängigkeit der exosmosirten Diffusionsmengen bei der ruhenden wie strömenden Osmose von der Zeitdauer wird, die Erhaltung der Concentrationsdifferenz bis zu einem gewissen Grade vorausgesetzt, durch die Hyperbelfunction $M_t^2 = \alpha t + \beta t^2$ wiedergegeben. (Die Ruhe- und Strömungs-Curven sind der Abscissen-(Zeit-) Axe concav zugekehrte Hyperbeln).	I. Kryptoporöse Substanzen = Organische Stoffe = Membranen Beispiele: Pergamentpapier, Eiweiss, Schweinsblase.
II. Die Exosmose wird durch Strömung vermindert. (Die Strömungs-Curven liegen unterhalb der Ruhe-Curven). Diese Verminderung wächst mit zunehmender Stromgeschwindigkeit. Das Gesetz der osmotischen Aequivalenz wird durch die Strömung aufgehoben; die factisch bestehende »Pseudo-Endosmose« wird durch dieselbe gesteigert. Für die Abhängigkeit der Diffusionsmengen von der Zeit lässt sich aus den vorliegenden Versuchsdaten eine einfache Function empirisch nicht ableiten.[1]	II. Phaneroporöse Substanzen = Unorganische Stoffe = Poröse Platten. Beispiele: Gyps, Cement, gebrannter Thon, gewöhnl. Backsteine, Bimstein.

[1] Auch diese Thatsache gerade könnte damit erklärt werden, dass eben bei phaneroporösen Substanzen die Mannigfaltigkeit der osmotisch wirksamen Porenkanäle eine viel grössere ist, als bei den kryptoporösen, in Folge dessen auch das Gesetz der Erscheinung bei jenen eine ungleich verwickeltere Function darstellen muss als bei diesen.

A. Die Verminderung der Exosmose durch Strömung nimmt ab mit der zunehmenden Dicke der Platte.

Die Strömungs-Curven fur die Exosmose sind concav, die Ruhe-Curven für dieselbe convex gegen die Zeit-Axe gerichtet.

Die Steigerung der »Pseudo-Endosmose« durch Strömung ist gering.

Die (wahre) Endosmose bei ruhender Diffusion folgt dem Gesetze der osmotischen Aequivalenz.

A. Mikroporöse Substanzen.

Beispiele: feingebrannter Thon und wahrscheinlich Gyps, Cement und ähnliche Materialien.

B. Die Verminderung der Exosmose durch Strömung wächst mit der zunehmenden Dicke der Platten.

Die Strömungs- und Ruhe-Curven für die Exosmose sind concav gegen die Zeit-Axe gerichtet.

Die Steigerung der »Pseudo-Endosmose« durch Strömung ist sehr erheblich und geht in eine eigentlich rein mechanische Aufsaugung über.

Auch bei der ruhenden Diffusion erscheinen die Gesetze der osmotischen Doppelströmung und Aequivalenz aufgehoben; es zeigt sich nur ein einseitiger Strom durch das Diaphragma hindurch.

B. Makroporöse Substanzen.

Beispiele: Bimstein und wahrscheinlich die gewöhnlichen Backsteine, grobporöse Bruchsteine und ähnliche Materialien.

Ausser diesen Ergebnissen wäre endlich noch zur Abrundung des Bildes auf dasjenige hinzuweisen, welches für die interessante Combination makroporöser mit kryptoporösen Substanzen experimentell gewonnen wurde, und welches dahin lautet, dass in solchem Falle Zwischenerscheinungen eintreten, dass aber, je dicker und poröser das makroporöse Diaphragma ist, desto weniger die an demselben durch Strömung hervorgerufenen Diffusionserscheinungen durch die gleichzeitig vorhandene kryptoporöse Schicht beeinflusst werden.

So mannichfaltig nun alle diese Wahrnehmungen und so eingreifend die durch strömende Bewegung der Salzlösung hervorgerufenen Aenderungen der bisher bekannten osmotischen Gesetze sind, so ist es doch nicht gelungen, für dieselben eine eigentliche Erklärung ausfindig zu machen. Bezüglich der Steigerung der Osmose an den kryptoporösen Membranen habe ich schlechterdings ganz darauf verzichten müssen, auch nur eine Vermuthung auszusprechen. Hinsichtlich der Verminderung der Exosmose und Steigerung der »Pseudo-Endosmose« bei den phaneroporösen Körpern glaubte ich wenigstens Dies wagen zu dürfen, indem ich auf die Möglichkeit hinwies, dass an den weiteren Porenkanälen des Diaphragma durch die Strömung eine auf hydrodyna-

mischen Vorgängen beruhende Ansaugung d. h. eine negative Druckdifferenz erzeugt werde, welche ebenso naturgemäss ein gesteigertes Eintreten der äusseren Flüssigkeit zur Folge hat, wie sie eine Exosmose vermindern wird, weil diese mit dem wachsenden Gegendrucke abnimmt.

Ueberblickt man nun diese Gesammtheit von Resultaten, welche ich aus meinen Experimental-Untersuchungen ableiten zu können geglaubt habe, so wird man vielleicht grade im Hinblick auf die allgemeine Fassung derselben sich immer wieder die Thatsache vergegenwärtigen, dass ich nur mit wenigen Diaphragmensubstanzen, einem einzigen Salze (Kochsalz, NaCl) u. s. w. gearbeitet habe, und deshalb die Berechtigung zu allgemeineren Schlussfolgerungen bestreiten wollen.

Es ist wahr, ich habe nur mit Kochsalz-Lösungen gearbeitet; allein Dies bietet keinerlei Stützpunkt für die Annahme, als ob bei der Wahl anderer Salze oder sonstwie gut diffundirender krystalloidaler Stoffe der Ausfall der Versuche ein prinzipiell anderer gewesen wäre, da nach allen unseren Erfahrungen auf diesem Gebiete das Kochsalz sich qualitativ gleich mit jenen verhält. Zweifellos wird namentlich unter den colloidalen Materien oder unter flüssigen Stoffen bei ähnlicher Prüfung sich manch' ausnahmsweises Verhalten offenbaren, wie Dies auch bei der ruhenden Osmose der Fall; derartige Ausnahmen werden aber nur die Regel bestätigen. Es wird deshalb ein nicht unerspriessliches Unternehmen sein, meine Untersuchungen unter Anwendung anderer diffundirender Körper zu wiederholen. Ebenso wird eine Weiterführung derselben unter grösserer Variation der Stromgeschwindigkeiten, der Concentration der Lösungen, der Temperatur etc. weitere Einblicke in den Einfluss der Strömung erschliessen und die von mir aufgestellten »Special-Gesetze« theils befestigen und erweitern, theils modificiren. Die Anwendung anderer Diaphragmen (z. B. Amnion-Haut, Collodium, Gummi resp. Kautschuck, beliebige poröse Steine etc.) wird sowohl in rein physikalischer als auch in praktischer Beziehung wichtige Belehrung verschaffen. Speciell für das genauere Studium der osmotischen Doppelströmung wird ferner von besonderer Wichtigkeit werden, wenn man gleichzeitig mit zwei Salzlösungen arbeitet, deren eine die strömend bewegte ist, deren andere in dem Diffusator sich befindet. Und — last not least — der bedeutungsvollste Schritt in der Fortführung der Versuche wird dann geschehen, wenn schliesslich auch die zweite Flüssigkeit an dem Diaphragma eine strömend bewegte ist. Alsdann befinden wir uns in dem günstigsten Falle der wirklich constant bleibenden Concentrationsdifferenz und es eröffnet sich ein Feld neuer Beobachtungen über den Einfluss der gleich- oder entgegengesetzt gerichteten, sowie der gleich- oder ungleich starken Strömungen auf den osmotischen Vorgang.

Erst nach Abschluss aller dieser hier angedeuteten Untersuchungen wird man das berührte Problem einigermassen zu beherrschen sagen dürfen, und ich bekenne diesem letzten Endziel gegenüber die grosse Lückenhaftigkeit meiner eigenen Arbeiten um so bereitwilliger, als die für die Durchführung jener Untersuchungen ausserordentlich wachsenden experimentellen Schwierigkeiten die Mitarbeit der Fachgenossen voraussetzen.

Ohne jedoch diesen Zeitpunkt abwarten zu müssen entspringt aus demselben Grundgedanken eine neue Quelle von Forschungen auf einem anderen Gebiete. Steht einmal die Thatsache fest, dass bei tropfbaren Flüssigkeiten die strömende Bewegung an dem Diaphragma eigenartige Umänderungen des Diffusionsvorganges bewirkt, so liegt es sehr nahe, für elastische Flüssigkeiten d. h. Gase und Dämpfe das Gleiche anzunehmen oder doch für möglich zu erachten und deshalb experimenteller Prüfung zu unterziehen. Es wird deshalb die ganze Untersuchungsreihe mutatis mutandis für Gase und Dämpfe zu wiederholen sein, und trotz der hierbei eintretenden weiteren Erhöhung der praktisch-experimentellen Schwierigkeiten dürfte der Erfolg die Mühe belohnen, da, soweit ich mich zu informiren Gelegenheit hatte, ähnliche Arbeiten bisher nicht vorliegen, trotzdem seit *Graham*'s und *Bunsen*'s Untersuchungen die gehemmte Gas-Diffusion (Gas-Osmose) mannichfach, aber freilich immer nur für den Ruhezustand,[1] studirt worden ist. Ich möchte mir dabei umsomehr eine Reihe interessanter Resultate versprechen, als ja schon *Graham* für die Gesetze der Gasbewegung in Beziehung zu der Art der die Bewegung vermittelnden Porenkanäle resp. Röhren zu einer Dreitheilung des Vorganges gelangt ist, welche mit der von uns für die tropfbaren Flüssigkeiten bei strömender Osmose gefundenen Gruppirung eine gewiss merkwürdige und beachtenswerthe Analogie darbietet. Er unterschied: 1) Effusion als Durchgang durch kleine Oeffnungen in dünner Wand, 2) Diffusion als Durchgang durch eine feinporöse Masse und 3) Transpiration als Durchgang durch enge Canäle (Capillarröhren). Ein Verfolg dieser Analogie durch eine Experimental-Untersuchung der strömenden Gas-Diffusion durch Membranen, mikroporöse und makroporöse Diaphragmen in unserem Sinne lässt sich daher wohl als eine aussichtsvolle Unternehmung bezeichnen.

Ein Verfolg aller dieser Untersuchungen wird aber nicht allein nach physikalischer Richtung eine ergiebige Ausbeute darbieten, sondern er wird auch vielleicht auf einem Gebiete der physiologischen Forschung nicht unwichtige Aufklärungen und erweiterte Anschauungen verheissen, auf dem Gebiete nämlich der mechanischen Ursachen und Wirkungen des Stoffwechsels.

Wenn, wie im höher organisirten Thierkörper, die gesammte Aufnahme (Resorption) und Abgabe (Secretion) der für dessen richtige Functionirung nothwendigen Nahrungsbestandtheile an der Existenz eines oder mehrerer in sich abgeschlossener Gefässsysteme gekettet ist, in welchen strömende Flüssigkeiten (Blut, Lymphe) als Vermittler jener Thätigkeit circuliren, so ist schon damit die äussere Aehnlichkeit dieser Verhältnisse mit denen meiner Fundamentalversuche dargethan. Man hat aber weiter erkannt, dass jene Wanderung der Stoffe in die Gefässe oder aus ihnen heraus durch die Gefässwände hindurch im Wesentlichen nur auf zweierlei Wege möglich ist, entweder durch Filtration oder durch die Membran- oder Hydro-Diffusion (Osmose). Es werden demnach behufs Erkenntniss des Einflusses des einen oder anderen Factors die für diese rein physikalischen Vorgänge gültigen physikalischen Gesetze zur Anwendung

[1] Bezüglich der scheinbaren Ausnahmefälle s. oben S. 100 Anmerk.

gelangen müssen. Lassen wir die Filtration, welche auch in meinen Versuchen ausgeschlossen wurde, hiebei ausser Betracht, so werden wir hinsichtlich der Diffusions-Gesetze auf diejenigen angewiesen sein, welche sich auf strömende Flüssigkeiten beziehen, und werden nunmehr auch die innere und wesentliche Analogie meiner Versuche mit jenen Vorgängen, soweit dieselben sich auf die Membran-Diffusion erstrecken, anerkennen. Und zwar umsomehr, als auch die ausserhalb der Gefässröhren im Thierkörper vorhandenen Flüssigkeiten als ruhend gelten dürfen, somit wirklich einseitig strömende Lösungen gegen eine ruhende Aussenflüssigkeit osmosiren. Einzelne hier zu machende Einwände will ich als unwesentliche und leicht zu widerlegende nicht weiter berühren; nur einen scheinbar bedeutungsvollen kann ich nicht ganz unerwähnt lassen, welchen man aus einem Vergleiche der absoluten Stromgeschwindigkeiten in meinen Versuchen und in den Blutgefässen z. B. zu entnehmen gesonnen wäre. Während dort solche von ca. 4, 8, 10 Ctm. pr. Sec. bestanden, bewegen sich die »mittleren Querschnitts-Geschwindigkeiten« in letzteren innerhalb der weiten Grenzen von 0,017 Ctm. bis 43 Ctm. pr. Sec.,[1] und da für den Stoffwechsel ausschliesslich oder doch weit überwiegend die Capillaren (Haargefässe) in Betracht kommen, so würden nur die dort beobachteten Geschwindigkeiten mit 0,017 bis 0,11 Ctm. pr. Sec., mithin so viel geringere als in meinen Versuchen zur Wirksamkeit gelangen, dass man jene Analogie mit ihren Consequenzen in Frage stellen möchte. Allein man würde hiebei ganz ausser Acht lassen, dass sich die von mir beobachteten Einflüsse der strömenden Bewegung qualitativ ganz unabhängig von der absoluten Grösse der Stromgeschwindigkeit erwiesen haben, und dass also, ehe nicht ein experimenteller Gegenbeweis vorliegt, kein Grund zu der Annahme vorliegt, jene Einflüsse machten sich bei Geschwindigkeiten von 0,017 Ctm. nicht geltend, während sie bei solchen von 4 Ctm. so lebhaft hervortreten.

Ausgehend demnach von der Uebereinstimmung in den Hauptpunkten der beiderseitigen Erscheinungen und Vorgänge wird nun ohne Weiteres begreiflich, dass in Zukunft bei der physiologischen Betrachtung der osmosirenden Thätigkeit der Capillarwände nicht nur, wie bisher, der Innendruck resp. die Differenz zwischen Innen- und Aussendruck, sondern auch die an der betreffenden Stelle herrschende Stromgeschwindigkeit in Rechnung zu ziehen ist. Es werden also auch alle die Factoren, welche die letztere zugleich mit oder unabhängig von den Innendrucken beeinflussen, also die Phasen der Herzbewegungen, der Umfang und die Folge seiner Zusammenziehung, die Tiefe und Zahl der Athemzüge, die Blutmenge, der Ort und die Grösse des betrachteten Querschnittes, der Spannungsunterschied auf der Längeneinheit u. s. w. von wesentlicher Bedeutung für den secernirenden Effect eines Flächenstückes sein, da derselbe ganz abgesehen von dem Drucke mit zunehmender Stromgeschwindigkeit wächst, mit abnehmender sich verringert. Allerdings reichen meine Versuche nicht aus, diese Betrachtung ins Einzelne zu verfolgen, weil sie nur die Exosmose von Salzen, betreffs der Endosmose aber lediglich den Wasserstrom zur Prüfung gebracht haben,

---

[1] C. Ludwig, Lehrb. d. Phys. (2. Aufl.), II. (1861) p. 192.

mithin für die eigentliche, auf andere Verbindungen sich erstreckende resorbirende Thätigkeit des Flächenstückes kein Urtheil gestatten. Ebenso wird es natürlich erst einer weiteren Ausfüllung aller von mir selbst hervorgehobenen Lücken bedürfen, ehe man ganz befriedigende Einblicke in die Beziehungen zwischen der Stromgeschwindigneit und der osmosirenden Wirkung eines Capillarstückes gewinnt. Soviel dürfte sich aber schon aus den vorliegenden Beobachtungen folgen lassen, dass die Secretion eines Gefässtheiles einerseits und die Wasseraufnahme durch denselben anderseits umsomehr abnimmt, je mehr dasselbe dem peripherischen Theile des Gefasssystemes angehört, weil sich hier neben dem Drucke auch die Stromgeschwindigkeit entsprechend verringert. Noch augenfälliger wird die Einwirkung sich offenbaren, wenn man abnorme, krankhafte Zustände mit den normalen desselben Gefässstückes vergleicht. Denn sobald z. E. durch gesteigerte oder verminderte Herzthätigkeit nur eine veränderte Geschwindigkeit des Blutstromes an dem betreffenden Orte — alles Uebrige als gleich vorausgesetzt — hervorgerufen ist, muss der normale Gleichgewichtszustand in dem Stoffwechsel gestört werden. Und zwar dergestalt, dass eine Steigerung der Geschwindigkeit eine Vermehrung der Secretion in die Umgebung und der Wasseraufnahme aus der Umgebung, eine Verminderung jener eine Abnahme beider bedingt. Es werden also Hypertrophie und Wasserentziehung einerseits oder Atrophie und Wasseransammlung andererseits die pathologische Folge jener Aenderung sein müssen. Ebenso wird z. B. eine krankhafte Verengerung resp. Zusammenschnürung des gleichen Gefässstückes ceteris paribus hypertrophirend und wasserentziehend gegenüber dem Normalzustand wirken, da durch jene Querschnittsverringerung die Geschwindigkeit des Flüssigkeitsstromes erhöht wird. Eine Erweiterung des Gefässtheiles dagegen muss, weil dann eine Verlangsamung des Stromes eintritt, eine atrophirende und wasseransammelnde Wirkung auf die Umgebung ausüben.

Es liegt ausser dem Bereiche meiner Arbeit, diese Andeutungen weiter fortzuführen und noch weniger vermag ich ihre Tragweite richtig abzuschätzen. Dies muss Anderen überlassen bleiben. Nicht minder reservirt stehe ich der Frage gegenüber, ob die neuen Beobachtungen auch für das Verständniss des Stoffkreislaufes im Pflanzenkörper weitere Aufklärung bringen. Es wird hier eine jede Antwort schon deshalb so sehr erschwert, weil uns wegen des Fehlens selbständiger Gefässsysteme für die Aufnahme und Abgabe der Nährstoffe selbst die äussere Analogie mit den Versuchen ganz verloren gegangen erscheint. Hält man aber an den allseitig anerkannten Thatsachen fest, dass auch der Pflanzenkörper von strömenden Flüssigkeiten durchzogen wird, dass ferner die denselben anhaftenden Stromgeschwindigkeiten keineswegs verschwindend kleine sind und endlich, dass die Osmose überhaupt zur Geltung kommt, so wird man immerhin berechtigt sein, auch hier die Wirksamkeit der von uns früher besprochenen Gesetze als zu Recht bestehend vorauszusetzen, so wenig man einstweilen in der Lage ist, sich eine nähere Vorstellung über die Art und den Umfang derselben zu bilden.

Eine unmittelbarere, directere Verwerthung dürfte den neuen Beobachtungen in Aussicht stehen auf dem umfangreichen Gebiete der Technik. Denn wie hier die

Verhältnisse, unter denen sie wirksam werden können, ungleich einfachere sind, als in dem complicirten Getriebe der lebenden Organismen, so sind wir auch in der Lage, die für ihre günstigste Ausnutzung erforderlichen Bedingungen aus eigener Initiative herzustellen.

Seit *Graham*'s wichtigen Arbeiten über die Dialyse (1861) sind mehr als zwanzig Jahre verflossen, ohne dass von den in denselben niedergelegten Beobachtungen eine umfassendere technische Anwendung gemacht worden wäre. Der Chemiker von Fach hat ihnen freilich für die Darstellung und Reinigung mancher Präparate oder auch für die analytische Trennung schwer isolirbarer Körper (z. B. bei der Auffindung der Alkaloide) vielseitige Förderung zu verdanken; allein auch für ihn sind jene Fälle der Verwendbarkeit immerhin beschränkte geblieben, und für die chemische Arbeit im grossen Maassstabe der Technik ist meines Wissens sogar nur in einem einzigen, sogleich zu besprechenden Ausnahmefalle eine praktische Ausnutzung derselben erfolgt. Gewiss hat hierbei ursprünglich der Mangel an geeigneten Membranen hindernd gewirkt; aber auch die seit Anfang der 70er Jahre, also seit zwölf Jahren, beschaffte Herstellung des guten, billigen und wirksamen Pergamentpapiers hat einen durchgreifenden Einfluss kaum geübt. Sucht man sich von den Gründen dieser relativen Unfruchtbarkeit Rechenschaft abzulegen, so wird man, wie ich glaube, hauptsächlich dem Umstande die Schuld beizumessen haben, dass alle jene auf *Graham*'s Untersuchungen fussenden dialytischen Processe eine viel zu grosse Zeitdauer beanspruchen, um einigermaassen ansehnliche Mengen osmosirter Substanz zu erhalten, ein Moment, welches für die Technik fast eine völlige Unbrauchbarkeit des Verfahrens zur Folge hat. Wie aber, wenn es gelänge, diese Zeitdauer abzukürzen, und zwar so, dass diese Abkürzung von uns willkürlich bis zu einer weitgesteckten Grenze gesteigert werden könnte? Würde sich dann nicht aufs Neue die Möglichkeit eröffnen, jene bedeutungsvollen Wahrnehmungen auch praktisch wieder zu kräftiger Geltung zu bringen?!

Graham's Arbeiten und ebenso die später zu erwähnenden, technisch besonders wichtigen von *Dubrunfaut* haben sich gleich denen aller anderen Forscher ausschliesslich auf die ruhende Osmose erstreckt und nur diese im Auge gehabt. Solange man sich an diesen Grundsatz kettet, ist man, um den Process technisch productiver zu machen, fast allein auf die Vergrösserung der Membranfläche angewiesen, wofür sich aber sehr bald gewisse unüberschreitbare Grenzen ergeben. Ganz anders stellt sich die Sache an der Hand der auf diesen Blättern niedergelegten Thatsachen. Wenn nämlich feststeht, dass die strömende Bewegung der zu osmosirenden Flüssigkeiten die Diffusionsgeschwindigkeiten der in ihnen enthaltenen Substanzen steigert, dass z. B. diese Steigerung für eine Stromgeschwindigkeit von nur 8 Ctm. pr. Sec. und bei Osmose des Kochsalzes durch Pergamentpapier 20—30 % gegen die ruhende Osmose beträgt und dass endlich diese Steigerung mit wachsender Stromgeschwindigkeit vergrössert werden kann, — so scheint die chemische wie technische Praxis nunmehr im Besitze der Mittel, jenen oberwähnten inhaltschweren und folgenreichen Mangel des osmotischen Processes auszugleichen. Es wird nur von der Construction geeigneter Apparate im Kleinen oder Grossen abhängen, um durch die erhöhte Leistungsfähigkeit des Ver-

fahrens dasselbe sowohl in den chemischen Laboratorien mehr einzubürgern, als auch für die Praxis rentabel zu machen, denn es wird gerade für die letztere nur geringe Schwierigkeiten darbieten, weit grössere Stromgeschwindigkeiten als in meinen Versuchen wirken zu lassen.

Den einzigen schon oben berührten Ausnahmefall einer technischen Verwendung der Osmose bildet das von *Dubrunfaut* (1866) eingeführte Osmosirverfahren in der Zucker-Raffinerie, wobei aus der nicht krystallisirbaren Melasse die Reihe der Alkali-Salze durch osmotische Trennung mittels Pergamentpapier ausgeschieden und dadurch jene krystallisationsfähig gemacht werden soll. Es wird Dies dadurch ermöglicht, dass die Alkali-Salze an sich eine grössere Diffusionsgeschwindigkeit besitzen als der Zucker; allein es ist ersichtlich, dass, da letzterer immerhin zu den diffundirbaren gehört, immer auch von ihm gewisse Antheile mit den Salzen fortwandern, d. h. also verloren gehen. Die Langsamkeit des Processes hat *Dubrunfaut* durch Anwendung einer sehr grossen Membran-Oberfläche bei relativ compendiöser Form der höchst sinnreich construirten Apparate (»Osmogene«) soweit gehoben, dass das Verfahren in der That lebensfähig wurde, und die übrigen Mängel und Schwächen desselben sind durch die später von Anderen durchgeführten Verbesserungen dieser Apparate ebenfalls in dem Umfange vermindert, dass selbst die Concurrenz anderer Methoden von vorzüglicher Wirkung (Elution) das »Osmosiren« nicht überall hat verdrängen können. Es ist nun ein Umstand von grossem Interesse, dass bei der praktischen Durchführung des Verfahrens thatsächlich und wirklich eine strömende Osmose besteht; denn es wird in die aus Pergamentpapier-Scheidewänden gebildeten einzelnen Kammern die Melasse einerseits, das Wasser andererseits strömend — und zwar in entgegengesetzter Richtung — eingelassen, beide circuliren in dem ganzen Apparat und dieser giebt endlich einen ausfliessenden Strom gereinigter Melasse und einen zweiten des Osmose-Wassers mit den Salzen, dem verloren gehenden Zucker u. s. w. Soweit ich mich nun rückwärts über die Entwicklung des *Dubrunfaut*'schen Verfahrens zu unterrichten vermochte, ist jedoch diese strömende Bewegung der Flüssigkeiten nur aus Gründen praktischer Zweckmässigkeit, nicht aber auf Grund der Kenntniss und des Einblickes in den Einfluss derselben auf den Gang des osmotischen Processes selbst zur Anwendung gelangt. Ebendeshalb wird man auch mit Recht annehmen dürfen, dass das noch heute übliche »Osmosiren« aus jener thatsächlichen strömenden Bewegung keinesweges die Vortheile zu ziehen versteht, welche nach Maassgabe meiner Beobachtungen und der im weiteren Verfolg derselben noch zu gewinnenden Wahrnehmungen aus derselben gezogen werden können. Es wird darnach sehr wohl der Beachtung der Zucker-Techniker empfohlen werden dürfen, ob nicht die Steigerung der Geschwindigkeit des Melassestromes gegenüber dem Wasserstrome den Reinigungsprocess ausserordentlich beschleunigt d. h. productiver macht. Und wenn dabei die Befürchtung auftauchen sollte, dass dann auch die Menge osmosirten, also auch verloren gehenden Zuckers wachsen würde, so ist eine solche a priori keineswegs gerechtfertigt. Denn es ist noch ganz fraglich, ob die Steigerung der Osmose durch Strömung sich für alle diffundirbaren (krystalloidalen) Substanzen gleich bleibt, oder ob nicht grade die an und für sich mit grösserer

Diffusions-Geschwindigkeit begabten Stoffe, hier die Alkali-Salze, in hervorragendem Grade davon berührt werden. Wäre Letzteres der Fall, dann wäre umgekehrt durch die grössere Geschwindigkeit des Melasse-Stromes ein geringerer Verlust an Zucker d. h. also ein direkter Gewinn herbeigeführt. Ehe hierüber nicht experimentelle Fundamental-Untersuchungen vorliegen, dürfte zu einem einfachen Entscheide eine Berechtigung nicht gegeben sein. Nicht minder der reiflichsten Erwägung und Prüfung werth erscheint mir endlich die Frage, ob die in der Praxis eingeführte strömende Bewegung des Wassers und vor Allem die entgegengesetzte Richtung derselben nicht etwa hemmend und störend auf den osmotischen Vorgang wirke. Es ist mir nicht vergönnt gewesen, meine Arbeiten auf die Osmose bei beiderseits strömenden Flüssigkeiten auszudehnen; allein wenn dieselben in anderer Beziehung zu so ungeahnten Thatsachen geführt haben, so liegt sehr wohl die Möglichkeit vor, dass sich auch in dieser neue Aufschlüsse bieten werden. Erst wenn man also auch hierüber exakte Versuche vorgenommen hat, die über die Beziehungen zwischen beiderseits strömenden, gleich oder entgegengesetzt gerichteten Flüssigkeiten zu der osmotischen Wirkung der Zwischenmembran Rechenschaft geben, wird man im Stande sein, für das bisherige Osmose-Verfahren bei der Zucker-Raffinerie die richtigen, auf wissenschaftlicher Grundlage ruhenden, Directiven zu gewinnen, während man bisher ohne alle Kenntniss dieser Factoren gearbeitet hat. Und vielleicht verbindet sich damit ein segensreicher Fortschritt in der Entwickelung desselben, der um so höher anzuschlagen wäre, als im Interesse der kleinen Fabrik-Anlagen eine Kräftigung desselben in seinem Kampfe mit dem mächtigen Concurrenten, dem Elutions-Verfahren, äusserst erwünscht sein würde.

B. Die Bodeninfection durch städtische Abfuhr-Canäle (Siele) und der Bau dieser Siele im Lichte der neuen Beobachtungen.

Als ein specielles Beispiel der Verwerthung der neuen Beobachtungen in technischer Hinsicht hebe ich zum Abschlusse die Canalisationsfrage hervor und widme derselben eine die Grenze blosser Andeutungen überschreitende Betrachtung, weil sie ja in der That, wie aus der Einleitung (S. 11) erinnerlich sein wird, den Anstoss zu der ganzen Untersuchung gegeben hat.

Man hat bekanntlich der Entfernung städtischer Abfallstoffe mittels unterirdischer Canäle (Siele) neben vielen anderen auch den Vorwurf gemacht, dass sie eine allmählich wachsende Verunreinigung des Bodens zur Folge haben müsste, einerlei ob die Canäle aus gewöhnlichen Backsteinen oder aus Klinkern gebaut seien oder aus hölzernen oder eisernen Röhren beständen, da einerseits das Material selbst, andererseits die Dichtungssubstanzen niemals ganz undurchlässig sein würden. Heute, wo man der Bodeninfection eine ganz besondere Tragweite in sanitärer Beziehung beizulegen geneigt ist, würde ein solcher Vorwurf die Bedenken gegen die Abfuhr-Canäle erheblich zu steigern vermögen, und es ist deshalb gewiss zeitgemäss, die Berechtigung derselben kritischer Prüfung zu unterziehen. Insoferne es sich dabei um längst erledigte Streitpunkte handelt, sei ein kurzes Referat genügend.

Die Thatsache einer Verunreinigung des Bodens scheint am Einfachsten auf dem Wege der chemischen Analyse nachweisbar, indem vergleichende Prüfungen des Untergrundes in der Nähe der Canäle mit solchen aus grösserer Entfernung unmittelbaren Aufschluss geben müssten. Derartige Untersuchungen liegen zahlreich vor und sie sprechen in überwiegendster Mehrzahl dafür, dass bei guter Construction, richtigem Gefälle und wo nicht eine grobe Undichtigkeit oder gar ein Sielbruch wirksam gewesen, die Verunreinigung des Bodens durch die Siele als eine sehr unbedeutende sich offenbart. Allein man wird, je sachverständiger man ist, die inneren Schwierigkeiten jener Beweisführung zugeben müssen und deshalb auch nicht in Verwunderung gerathen, wenn von manchen Seiten die Beweiskraft jener Untersuchungen nicht voll anerkannt worden ist. Denn da solche Prüfungen nur als relative, d. h. auf einen bestimmten als »Normalboden« betrachteten Untergrund bezogene verwerthbar sind und da wir es mit einem seit Jahrtausenden bewohnten und deshalb verunreinigten Boden zu thun haben, so wird es ganz von der Wahl jener »Normalprobe«

abhängen, ob das ein Siel umgebende Erdreich nach einer gewissen Zeit seiner Thätigkeit einen höheren oder geringeren Grad von Verunreinigung zeigt. Die Schwierigkeit der richtigen Wahl des »Normalbodens« ist aber um so grösser, als die aus früheren Zeiten herrührende und auch noch heutigen Tages andauernde unvermeidliche Bodenverunreinigung sich keineswegs gleichmässig über die unteren Erdschichten verbreitet, sondern ganz von deren verwickelter petrographischer Beschaffenheit und noch complicirterer Lagerung abhängt. Es wird deshalb ein als derselbe »Urboden« betrachtetes Erdreich in geringen Distanzen von einander an und für sich erheblich verschiedene Reinheitsgrade aufweisen können und damit ein stringenter, zahlenmässiger Beweis für den specifischen Einfluss der Siele äusserst erschwert werden müssen. Hierzu kommt noch als zweites störendes Moment die Zeitfrage. Die städtischen Canäle sind zumeist mit Rücksicht theils auf ihre Festigkeit, theils gerade auf die gefürchtete Bodeninfection mit möglichst dicken und aus thunlichst undurchlässigem Material erbauten Wänden versehen. Es wird mithin einer geraumen Zeit bedürfen, ehe eine Durchsickerung ihres unreinen Inhaltes in das umgebende Erdreich in erheblicherem Grade eingetreten ist, zumal die Mehrzahl der Canäle unter einem äusseren statischen Ueberdrucke stehen dürfte. Eine Verunreinigung in geringem Grade stösst aber wieder in ihrem Nachweise auf chemische Schwierigkeiten aller Art, um von der bereits betonten Unzuverlässigkeit des »Normalbodens« ganz zu schweigen. Man würde aus allen diesen Gründen daher wohl zugeben müssen, dass eine chemische Beweisführung für die Nichtverunreinigung des Bodens durch jene Siele dem Einwande ausgesetzt ist, es habe einfach an der hinreichenden Zeit zur Geltendmachung einer Infection gefehlt, und es sei keineswegs ausgeschlossen, dass sich eine solche nach 30 und 50 Jahren einstelle, wenn sie auch nach 6 bis 25 Jahren noch nicht experimentell nachweisbar gewesen sei.

Alle derartigen Einwände finden natürlich ihren letzten principiellen Stützpunct in der nicht abzuleugnenden Thatsache, dass es zu den Unmöglichkeiten gehört, ein absolut undurchlässiges Baumaterial für die Sielsysteme zur Anwendung zu bringen. Und so sehr ich persönlich von der Ueberzeugung durchdrungen bin, dass nach den Untersuchungen *Wolffhügel's*, *Fleck's* und vieler Anderer auch der chemische Beweis für die Geringfügigkeit oder das völlige Ausbleiben einer Bodeninfection durch Siele als vollständig erbracht angesehen werden darf, — eine Ueberzeugung, in welcher ich auch nach eigenen Erfahrungen und Untersuchungen bestärkt werde, — ebenso wenig kann ich mich doch der gewissen Berechtigung jener Einwände verschliessen, weil sie von einem principiell richtigen und unantastbaren Gedanken (Durchlässigkeit der Materialien) ausgehen. Meines Erachtens wird der ganzen Frage erst dann ein abschliessendes Urtheil zu Theil werden können, wenn über die Irrelevanz dieses Grundgedankens an der Hand exakter Beweise sicher entschieden worden ist.

Einstweilen hat man freilich schon versucht, diesen Beweis zu führen, indem man auf die Druckverhältnisse hinwies, unter welchen sich die meisten Canalsysteme befinden. Ausgehend von der gewiss richtigen Annahme, dass der überwiegende Theil eines solchen Röhrennetzes schon wegen des nothwendigen Gefälles in einer

Tiefenlage ruhe, welche gegenüber dem inneren Niveau der Sielwässer einen grösseren äusseren hydrostatischen Druck auf die Canalwände involvire, hat man sich zu der Folgerung verleiten lassen, dadurch ein Ausschwitzen von Innen nach Aussen durch die feineren und gröberen Undichtigkeiten der Wand für eine mechanische Unmöglichkeit, weil physikalischen Gesetzen widerstreitend zu erklären. Unterstützt sah man sich in diesem Entscheide durch eine Reihe von Erscheinungen, welche in der That fast überall bei den städtischen Canalisirungen zu Tage getreten sind. Die oft überraschend schöne Bildung von Stalaktiten an dem Gewölbe, das Hineinspritzen mehr oder minder starker Wasserstrahlen durch die dicken Seitenwände der Canäle hindurch legen beredtes Zeugniss für diesen stärkeren Aussendruck ab. In noch umfangreicherem Grade wird Dies aber bewiesen durch die allgemein zu beobachtende drainirende Wirkung der Siele, dergestalt, dass in der Nähe liegende Brunnen versiegen, dass der Grundwasserstand tiefer gelegt wird und deshalb z. B. Rammpfähle bis zu dieser tieferen Zone hin verfaulen und kostspielige Unterfangsarbeiten der auf ihnen ehemals ruhenden Bauten erforderlich machen. Eine solche Drainage des Bodens ist aber physikalisch gedacht nichts anderes, als ein den statischen Druckverhältnissen entsprechendes Eindringen der Bodenwässer aus dem äusseren Erdreiche in das Innere der Siele, und so lange wir uns innerhalb dieses Gedankenkreises bewegen, wird allerdings damit eine gleichzeitige Gegenbewegung der Sielwässer von Innen nach Aussen, mag die Porosität der Canalwände sein, welche sie wolle, ausgeschlossen sein.

Allein auch diese Beweisführung für die Unschädlichkeit der Siele ist eine keineswegs erschöpfende, worauf ich schon in meiner früher erwähnten Schrift (S. 61) hingewiesen habe, weil sie erstens doch nicht allgemeingültig, sondern nur für die Fälle des äusseren Ueberdruckes zutreffend ist, und zweitens auf einer zu einseitig mechanischen Auffassung der Verhältnisse beruht. Trotz voller Anerkennung aller obigen Thatsachen und trotz bereitwilligem Zugeständniss, dass ein solcher äusserer Ueberdruck die Regel bilden wird, ist dennoch ein Austritt der Sielwässer resp. einzelner ihrer Bestandtheile nach Aussen, also in widersinniger Richtung zu den statischen Drucken, nach physikalischen Gesetzen schon deshalb sehr wohl denkbar, weil wir es in Wahrheit mit der viel complicirteren Erscheinung der gehemmten Hydrodiffusion oder Osmose zu thun haben. Die Canalwände bilden das Diaphragma, welches die innere Sielflüssigkeit von den äusseren Bodenwässern trennt, und somit wird sich den Diffusionsgesetzen gemäss ein Austausch der beiderseitigen Lösungsbestandtheile vollziehen müssen, ganz unbekümmert um den gleichzeitig nebenherlaufenden Vorgang der rein mechanischen Aufsaugung (Drainirung) und den factisch bestehenden äusseren Ueberdruck, da eine solche osmotische Strömung nur quantitativ von Gegendrucken abhängig ist, nicht aber überhaupt durch dieselben aufgehoben wird. Nun wird zwar Jeder zugeben müssen, dass in Wirklichkeit der osmotische Transport putrider Stoffe aus den Sielwässern nach Aussen sehr herabgedrückt sein wird, nicht nur wegen des erwähnten äusseren Ueberdruckes, sondern auch wegen des sicherlich vorwiegend colloidalen Charakters jener Materien und wegen der vermuthlich hindernden Ueberkleidung der innern Wandoberfläche (wenigstens an der Canal-Sohle) mit der sogenannten »Aal- oder Siel-Haut«, auf

die wir später nochmals zurückkommen müssen. Allein principiell ändert dieses Zugeständniss um so weniger Etwas in unserer Beurtheilung der ganzen Frage, als wir ja auf sehr lange Zeiträume Rücksicht zu nehmen haben, in denen noch so geringfügige exosmotische Ausschwitzungen durch Summirung bedenklich erscheinen können. Die Behauptung einer allmähligen fortschreitenden Bodeninfection durch die Siele kann sich also noch immer mit Fug und Recht auf die bisher bekannten Gesetze der Osmose berufen.

Diesen meines Erachtens unanfechtbaren principiellen Standpunkt wünsche ich zunächst genau präcisirt zu haben. Denn nunmehr wird sich nicht minder klar die Stelle erkennen lassen, an welcher der Hebel der sachgemässen und entscheidenden Kritik jener Behauptung anzusetzen ist. Sollen die bisher bekannten Gesetze der Osmose zur Begründung derselben genügen, so macht sich die Vorfrage geltend, ob die in den Sielen vorhandenen Verhältnisse mit denjenigen übereinstimmen, aus welchen man jene Gesetze abgeleitet hat. Und da muss die Antwort sofort verneinend lauten, weil die letzteren nur an ruhenden Flüssigkeiten studirt und erkannt sind, während dort strömend bewegte Flüssigkeiten (wenigstens auf der einen, inneren Seite des Diaphragma) gegeben sind. Es offenbart sich also eine Lücke in der Schlussfolge, welche erst gehoben sein wird, wenn eine Erkenntniss über die osmotischen Gesetze bei strömenden Flüssigkeiten und unter den bei Sielen bestehenden Verhältnissen gewonnen ist.

Hiemit stehen wir an dem Wendepunkt unserer Betrachtungen, indem sich jetzt die Ergebnisse der in dem ersten Theile dieser Blätter niedergelegten Untersuchungen Geltung verschaffen.

Dass die Sielwände ihrem Material nach zu den »phaneroporösen Diaphragmen« zu zählen sind, steht ohne weitere Erwägung fest, mögen sie aus gewöhnlichen Backsteinen, aus Bruchsteinen oder aus Klinkern mit Cement u. s. w. erbaut sein; denn das Bindemittel wird stets dahin gehören und die genannten Steinarten werden weder als absolut undurchlässige, noch in ihrer Structur als »Membranen« oder »kryptoporöse Diaphragmen« angesehen werden können. Ja! wenn wir uns der früher (S. 114) besprochenen vielerlei thatsächlichen Erfahrungen über die drainirende Wirkung der Canalsysteme erinnern, so werden wir keinen Anstand nehmen, die Substanz der Sielwände in ihrer Gesammtwirkung als gleichwerthig mit einem »makroporösen Diaphragma« zu erachten, wobei selbstverständlich dieser Charakter um so mehr nach der Seite der »mikroporösen« Körper hin verändert wird, je dichtere, homogenere Materialien ganz oder theilweise zum Aufbau verwendet wurden. Es werden also auch nur diejenigen Gesetze in Betracht kommen, wie sie für diese Körpergruppen gefunden worden sind (S. 72 ff.) Ueberträgt man das erste derselben in die Sprache des uns vorliegenden praktischen Beispieles, so wird dasselbe lauten:

Die strömende Bewegung der Sielflüssigkeiten in den Canälen vermindert die Exosmose (Ausschwitzung) der in ihnen gelösten Bestandtheile in sehr erheblichem Grade oder hebt sie fast ganz auf.

Ehe ich die naheliegenden Consequenzen aus dieser Erkenntniss ziehe, halte ich es für wünschenswerth, einen Vergleich betreffs der in meinen Versuchen wirksamen und der bei den Sielen bestehenden Verhältnisse einzuschalten. Schon mit Rücksicht darauf, dass jene Verminderung der Exosmose mit zunehmender Stromgeschwindigkeit wächst (S. 86), erhebt sich die Frage, in welcher Proportion die absoluten Stromgeschwindigkeiten meiner Versuche zu denen der Siele eines städtischen Canalsystems stehen. Was erstere anbelangt, so ist bekanntlich (S. 23) mit den Geschwindigkeiten von ca. 4, 8 und 10 Ctm. pr. Secunde gearbeitet worden. Hinsichtlich der letzteren versteht sich von selbst, dass sie sehr schwankende sein werden. Sowohl die Abhängigkeit von den Terrainverhältnissen, von den Dimensionen der Canäle etc. als auch die Rücksichtnahme auf vielerlei technische Bedingungen (Verschlammung, Trockenlaufen u. s. w.) gestattet kein Festhalten eines gleichen Gefälles, also auch gleicher Geschwindigkeit. Allein die Erfahrung hat immerhin zu gewissen Grenzwerthen für letztere geführt und diese findet man zu

10 bis 80 Ctm. per Secunde

angegeben.[1]

Nicht beruhigt durch diese allgemeine Notiz und in der Ueberzeugung, durch Mittheilung specieller Beobachtungen an unserem hamburgischen Sielsystem Manchem eine erwünschte Belehrung darzubieten, habe ich mich an meinen verehrten Freund, Herrn Oberingenieur *Franz Andreas Meyer* hieselbst gewendet und von Demselben in nachstehender Form dankenswerthen Aufschluss erhalten.

»Auf die Frage nach der Geschwindigkeit des Abflusses in den städtischen Schwemmsielen theile ich mit, dass dieselbe selbstverständlich mit den Gefällen in den verschiedenen Sielstrecken wechselt und in jeder Strecke ausserdem von den Zuflussmengen abhängig ist. Die geringsten Gefälle (1 : 3000)[2] haben im Allgemeinen die grossen Sammelcanäle, in welchen eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 0,5 bis 1 Meter stattfindet, sobald sie frei in die Elbe auslaufen können. Einen Ausnahmefall bilden die unteren Sammelstrecken des grossen Geeststammsiels und des alten städtischen Marschsystemes, da die in der Tide wechselnden Wasserstände der Elbe zu Zeiten höher sind als der Wasserstand in diesen Sielstrecken, während welcher Zeit diese letzteren durch Fluththore von der Elbe abgeschlossen gehalten werden. Ueber die besonderen Verhältnisse des Ablaufs während einer Tide-Periode geben die hiebei erfolgenden Beobachtungen vom 9.—11. August 1876 einen Anhalt, aus deren 4. Zahlenreihe man ersieht, dass die Ablaufsgeschwindigkeit auf diesen unter dem Elbhochwasser liegenden Strecken bei 0 anfängt und bis 0,79 m gestiegen ist.

In der Erläuterung ist ausdrücklich betont, dass die Versuche bei anhaltend trockenem Wetter stattgefunden haben, und dass während der Zeit Spülströme nicht hineingeleitet sind, so dass die obigen Geschwindigkeiten als minimale angesehen werden können.

[1] Fr. Sander, Handb. d. öffentl. Gesundheitspflege Lpz. 1877 p. 363.

[2] Die eingedeichte Marsch des Hammerbrooks kommt hier nicht in Betracht.

Die unter dem Niveau des Elbstroms liegenden Sammelstrecken sind natürlich nicht maassgebend, wo es sich um die Beurtheilung der durchstehenden Verhältnisse des Sielnetzes handelt, in welchem, künstliche periodische Spülstauungen abgerechnet, die Geschwindigkeiten nicht unter 0,30 m heruntergehen und sehr oft das Maass von 1 m weit übersteigen. Als beobachtetes Beispiel einer grösseren Geschwindigkeit ist auf die letzte Versuchstabelle vom 15.—17. August 1876 zu verweisen, welche in dem Grenzsiel zwischen Hamburg und Altona angestellt ist. Hier betrug, bei nur 0,15 m gefülltem Siel, die Geschwindigkeit constant 2,22 Meter pr. Secunde.«

Aus den mitübersandten Versuchstabellen ergeben sich die folgenden Einzeldaten:

	am	Geschwindigkeiten
1. Geeststammsiel	9. Aug. 1876	32—64 Ctm. pr. Sec.
	10. » »	32—61 » » »
	11. » »	29—71 » » »
2. Städtisches Marschsiel	9. » »	12—79 » » »
	10. » »	11—79 » » »
3. Grenzgrabensiel	15.—17. » »	const. 222 » » »

Es kann nach allem Dem kein Zweifel mehr bestehen, dass die im Allgemeinen in einem Sielnetz vorhandenen Stromgeschwindigkeiten bei Weitem grössere sind als in meinen Versuchen. Dadurch alleine schon wird man gemäss dem Gesetze über die wachsende Verminderung der Exosmose bei zunehmender Stromgeschwindigkeit (S. 85 f.) zu der Erkenntniss gedrängt, dass *die Verminderung der Exosmose in den Sielen eine noch ungleich erheblichere sein muss, als die in meinen Versuchen nachgewiesene.*

Hiezu kommt ein weiteres in demselben Sinne wirksames Moment, welches umsoweniger unbesprochen bleiben darf, als es einen wesentlichen Unterschied zwischen meinen Versuchsverhältnissen und denjenigen der Mehrzahl der Siele berührt. Während ich nämlich sorgsamst bemüht gewesen bin, bei allen Versuchen eine vollkommene Druckgleichheit auf beiden Seiten des Diaphragma walten zu lassen, herrscht ja, wie (S. 113 f.) schon besprochen, bei den Sielen meist ein äusserer Ueberdruck und zwar von erheblicher Grösse. Da wir nun aus den allgemeinen Gesetzen der Osmose wissen, dass ein solcher den osmotischen Austausch stark behindert, so sind also meine Versuche unter verhältnissmässig für denselben noch viel günstigeren Bedingungen angestellt als sie in Wirklichkeit für den grössten Theil eines Sielnetzes gelten. Wenn demnach dort bei Stromgeschwindigkeiten von 8—10 Ctm. pr. Sec. und bei gleichem Seitendrucke die Verminderung der Exosmose bis zu 80 % (bei mikroporösen) und 94—99 % (bei makroporösen Diaphragmen) stieg (S. 86), so wird man wohl kaum Anstoss an der Behauptung nehmen, dass dieselbe bei Sielen mit äusserem Ueberdruck und beträchtlich grösseren Stromgeschwindigkeiten sich leicht auf 100 % erhebt d. h. *eben dass die Exosmose ganz aufhört.*

Hiemit haben wir das unserer kritischen Prüfung gesteckte Ziel erreicht. Musste früher grade mit Bezug auf die osmotischen Gesetze die bisherige Beweisführung in

unserer Frage als mangelhaft anerkannt werden, so hat jetzt die von rein physikalischen Gesichtspunkten ausgehende erweiterte Erforschung dieser Gesetze die Mittel zu exaktem Entscheide dargeboten. Und zwar offenbart sich die Analogie der Siele mit unseren Versuchen nicht nur hinsichtlich der exosmotischen Ausschwitzung, sondern auch — wie hier noch eingeschaltet werden mag — bezüglich der aufsaugenden (pseudoendosmotischen) Wirkung. Unsere betreffenden Untersuchungen (S. 88 ff.) haben für mikroporöse, namentlich aber für makroporöse Materialien eine derartige Steigerung des Eintrittes der äusseren Flüssigkeit durch die strömende Bewegung der inneren Lösungen dargethan, dass damit die stark drainirende Thätigkeit der Siele auf das Anschaulichste erläutert wird. Ja! es bietet sich für letztere insofern noch ein wesentlich erweiterter Einblick dar, als dieselbe nicht nur durch die flüssigkeitsfreien Gewölbe und Seitenwände, sondern sogar durch die von Flüssigkeiten bedeckte Sohle der Canäle erfolgt und damit die Entwässerung des Erdreiches bis unter das innere Niveau der Sielwässer erklärt. Mit Bezugnahme auf die im Eingange dieses Abschnittes aufgeworfene Frage können wir demnach die bündige Antwort ertheilen: Die Siele wirken lediglich aufsaugend, nicht ausschwitzend. Eine derartige Ausschwitzung, also auch Bodeninfection durch dieselben — wie sie schon durch mancherlei andere Erfahrungen und Untersuchungen bestritten worden ist — erfolgt deshalb garnicht, oder nur in sehr geringem Grade, weil gemäss den Gesetzen der Osmose bei strömenden Flüssigkeiten die Exosmose (Ausschwitzung) des Sielinhaltes so gut wie ganz aufgehoben wird, und zwar um so vollkommener, je grösser die Stromgeschwindigkeit in den Sielen und je grösser der äussere Ueberdruck ist.[1]

An der Hand dieses Lehrsatzes würde man nun bei allzustrenger Uebertragung in die Praxis leicht in neue Widersprüche mit der Erfahrung verwickelt werden. Denn man würde sich zu der Behauptung verleiten lassen können, eine Bodenverunreinigung sei schlechterdings ganz ausgeschlossen, während man doch bei vorurtheilsloser Durchsicht der mehrfach erwähnten chemischen Arbeiten über diesen Punkt nicht verkennen kann, dass dieselben einen solchen Ausspruch nicht rechtfertigen. Sie beweisen vielmehr nur, dass die durch die Siele bei guter Anlage derselben bewirkte Infection eine relativ geringe sei. Nun ist allerdings ja ohne Weiteres klar, dass ein von Spalten oder gar Brüchen durchgezogenes Siel unter günstigen Umständen ebenso eine Aussickerung ihres Inhaltes zur Folge haben wird, wie eine zu geringe Stromgeschwindigkeit oder gar völlige Anstauung des letzteren. Durch derartige rein äusserliche Einflüsse wird die Richtigkeit des obigen Lehrsatzes natürlich nicht berührt. Allein es kommt in der That noch ein ganz anderes Moment in Betracht, welches wir bisher unberücksichtigt gelassen haben und welches dennoch aufmerksame Beachtung verdient. Es ist Dies die fast allgemein beobachtete Ueberkleidung der inneren Canalwand mit einem schleimigen Ueberzug, den man die »Siel- oder Aalhaut« genannt hat. Ihrem

[1] Auf andere hiefür noch wirksame Momente von praktischer Bedeutung, wie sie sich aus den Versuchen ableiten, kommen wir gleich zurück.

wesentlichen Charakter nach besteht dieselbe aus Algen- und Pilzfäden, die zu einer dichten, zum Theil fest an der Wand haftenden Membran verfilzt sind. Wenn nun angenommen werden muss, dass eine solche Bekleidung der Siele unvermeidlich und allgemein mit der fortschreitenden Dauer ihrer Benutzung verknüpft ist, wenn man ferner dieselbe hinsichtlich ihrer osmotischen Wirkung in die Kategorie der »kryptoporösen Diaphragmen« oder »Membranen« zu versetzen allen Grund hat, so wird mit voller Berechtigung die weitere Frage entstehen, ob unter solchen Verhältnissen die früher aufgestellten Grundsätze und die daraus entnommenen Schlussfolgerungen gültig bleiben. Haben doch gerade die in dem ersten Kapitel unserer Experimental-Untersuchungen niedergelegten Thatsachen schlagend bewiesen, dass an Membranen die Exosmose durch das Strömen der Flüssigkeiten erheblich (bis zu 40 %) gesteigert wird (S. 49 ff.) In derartigen älteren Sielsträngen begegnen wir also einem complicirteren und in entgegengesetzten Richtungen wirksamen Spiele von Kraftmomenten: die Sielhaut als Membran vergrössert, die äussere Canalwand als phaneroporöser Körper vermindert die Ausschwitzung. Wie demnach der Gesammteffect sich gestalten wird, scheint einer Beantwortung kaum fähig zu sein, und doch ist dieselbe dringend erwünscht, um die früheren Entscheide betreffs der Bodeninfection in ihrer ferneren Zulässigkeit klarzustellen. Dieser Aufgabe habe ich in dem Kapitel D des ersten Theiles dieser Blätter (S. 94 ff.) gerecht zu werden oder doch ihre dereinstige Lösung vorzubereiten gesucht und auch, wie ich glaube, beachtenswerthe Anhaltspunkte hiefür gefunden. Denn wenn sich dort auf experimenteller Grundlage ergab, dass das Verhalten solcher Combinationen von Membranen mit porösen Körpern sich aus dem Einzelverhalten derselben im Voraus bestimmen lasse, dass also dasselbe nicht ganz neuen und unerwarteten Gesetzen gehorche, dass ferner der Einfluss der Membran hinsichtlich der Exosmose um so mehr zurücktritt, je kräftiger der Charakter der porösen Platte sich geltend macht und dass endlich bei richtiger Wahl der letzteren sowohl die Verminderung der Exosmose als auch die einfache Absaugung der äusseren Flüssigkeiten, ganz wie bei porösen Substanzen für sich, zu Tage tritt — so werden damit zuvörderst alle aus der besprochenen Complication etwa zu entnehmenden principiellen Einwände als hinfällig erklärt werden dürfen. Auch bei Sielen mit der berüchtigten Aalhaut liegt es gerade nach den erkannten Gesetzen ganz in unserer Macht, eine Bodeninfection durch ausschwitzende Sielwässer auf ein Minimum herab- oder ganz zu unterdrücken. Erreichbar aber wird Dies freilich nur sein, wenn bei Erbauung derselben hinsichtlich des Materials eine richtige Wahl getroffen worden ist.

Hier nähern wir uns jetzt zum Schlusse einer bedeutungsvollen rein technischen Frage, den Bau der Siele und das nach unseren Untersuchungen zweckmässigste Material betreffend, wobei ich natürlich mit Vermeidung aller Details, die sich überdies meiner Kenntniss entziehen, nur auf allgemeine Andeutungen mich beschränke. Von Anbeginn an hat man der Dichtigkeit d. h. Undurchlässigkeit der Siele seine besondere Aufmerksamkeit gewidmet und deshalb sowohl für das eigentliche Baumaterial als auch für die Bindemittel die besten zur Verfügung stehenden Fabrikate verwendet, sowie den Sielen selbst eine die bautechnischen Forderungen der Festigkeit und Solidität

übersteigende Wandstärke gegeben. Da aber trotzdem die Vorwürfe einer durch sie bewirkten Bodenverjauchung nicht verstummten, da gleichzeitig im Laufe des Fortschrittes der hygieinischen Wissenschaft gerade dieser Infection eine immer erhöhtere Bedeutung zuerkannt wurde, so ist man zu immer weitergehenden Sicherheitsmassregeln gedrängt worden. Man hat die Wandstärken stets grösser und grösser gemacht, man hat auf die Anwendung gewöhnlicher poröser Back- oder Bruchsteine so weit als möglich Verzicht geleistet und statt ihrer »undurchlässige« Klinkerfabrikate mindestens für die Canalsohlen benutzt; man hat für die Vermauerung selbst nur die besten Cemente als brauchbar erklärt; — Alles selbstverständlich nur unter ausserordentlich gesteigertem Kostenaufwand für die Herstellung der Siele. Nach dem Ausfalle meiner Versuche erscheinen alle diese Maassnahmen als überflüssig. Wenn es Thatsache ist, dass schon bei einfachen, ganz schwach gebrannten und gut durchlässigen porösen Thonplatten von 0,15 Ctm. Dicke im Maximum eine geringe (10 Ctm. pr. Sec. betragende) strömende Bewegung der Flüssigkeit eine Verminderung der Exosmose um 80 % gegenüber dem Ruhezustand bewirkt (S. 86), so wird man bereits erkennen, wie wenig Bedeutung die »Undurchlässigkeit« der Zwischenwand für die verlangte Dichtigkeit eines Sieles hat. Wir haben aber weiter sogar thatsächlich erfahren (S. 87), dass jene Verminderung der Exosmose noch erhöht wird bei der Anwendung viel poröserer Stoffe, z. B. des Bimstein's, ja dass bei geeignetem Verhältnisse wachsender Porosität und Dicke die Ausschwitzung ganz und gar aufgehoben wird. Bimsteinplatten von 1,1 Ctm. Dicke liessen bei einer Stromgeschwindigkeit von nur 8 Ctm. pr. Sec. eine Verminderung der Exosmose um 95—99 % erkennen und führten zu der Schlussfolgerung, dass diese Verringerung um so erheblicher wird, je dicker und poröser die Platten sind. Verbinden wir diese beiden thatsächlichen Feststellungen zu einem gemeinschaftlichen Schlusse und geben wir demselben gleich den für unsere Betrachtung wünschenswerthen Ausdruck, so wird derselbe lauten:

Zur Vermeidung der Bodeninfection durch die Siele ist — die sonstige sorgfältige Construction und das nöthige Gefälle (Stromgeschwindigkeit) vorausgesetzt —

> eine die Forderung der Festigkeit übersteigende Wandstärke, so wie die »Undurchlässigkeit« der Materialien nicht nur überflüssig und gleichgültig, sondern geradezu die Anwendung eines möglichst porösen Materials von entsprechender Dicke als wünschenswerth zu bezeichnen.

Wie weit man in der Porosität dieses Materiales im Hinblick auf den Bodenschutz gehen kann, veranschaulichen die Bimsteinplatten No. 3 u. 4. Dieselben haben eine Dicke von 1,1 Ctm. und lassen, wie aus den früheren Daten (S. 77 f.) leicht zu berechnen ist, bei einem Wasserdrucke von nur 8,5 Ctm. in einer Stunde pro □ Ctm. je 8,2 und 28,0 grm. Wasser durchfiltriren. Und dennoch sind grade sie es, welche die fast vollkommene Aufhebung der Exosmose zeigen!

Man wird also gemäss dieser Entwicklung fernerhin nicht mehr unnöthige Sorgfalt auf die Dichtigkeit der Siele zu verwenden haben; denn das aus den ein-

fachsten Materialien in lockerster Weise erbaute Röhrenstück wird in toto noch lange nicht den Porositätsgrad jener Bimsteinplatten erreichen. Vielmehr wird man, um den besten Effect zu erzielen, sich an die Suche recht poröser Baumaterialien zu machen haben, sofern und soweit dadurch der Festigkeit kein Abbruch geschieht. Welch' eine Summe unnöthiger Ausgaben damit aber denjenigen Gemeinwesen erspart werden könnte, welche an die Einführung oder Erweiterung eines Canalisationssystemes gebunden sind, wird ein Jeder wissen, Dem Gelegenheit zu einem Einblick in einen solchen Bau-Etat geboten war.

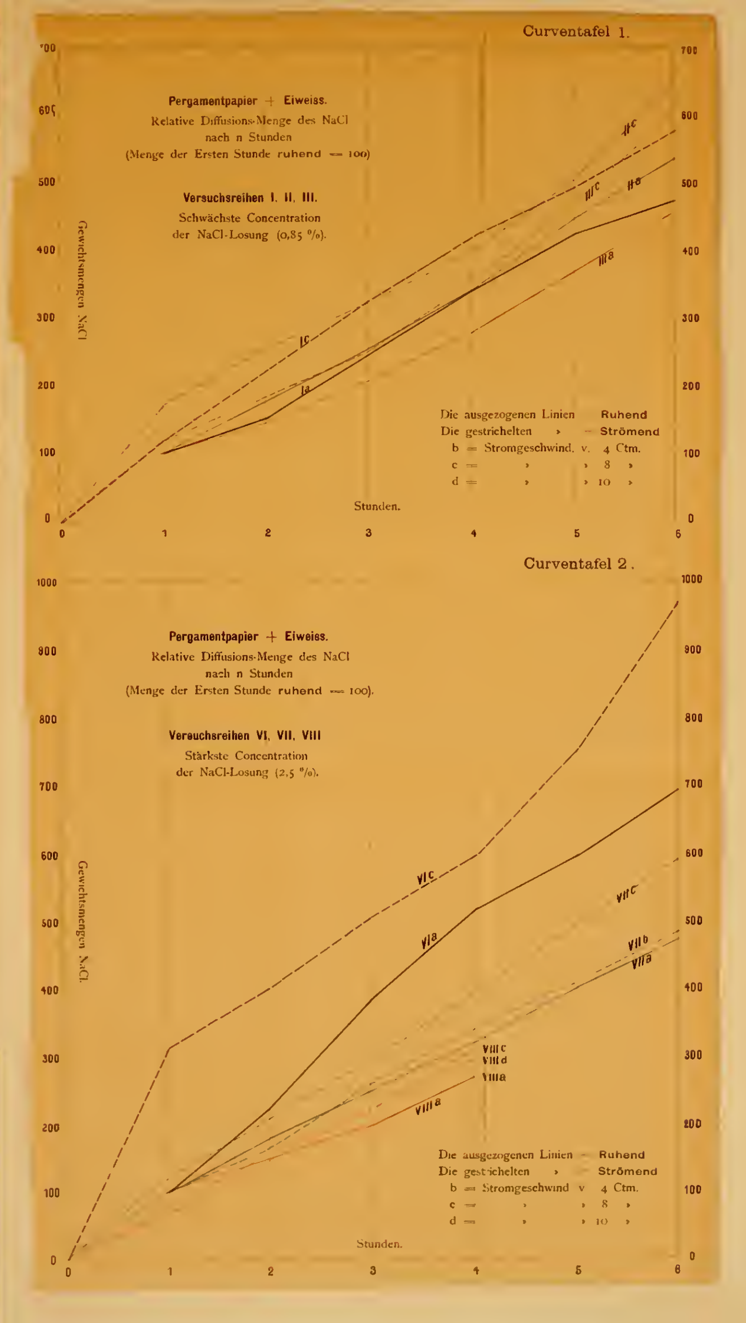
Freilich aber ist die Sicherstellung des »besten« Effectes solcher poröser Röhrenstränge an die Erhaltung dieser Porosität geknüpft und die Erinnerung an diese Vorbedingung dürfte sofort wieder Bedenken gegen die praktische Verwerthbarkeit der Untersuchungen im letztbesprochenen Sinne wachrufen. Eine Verminderung der Porosität wird nämlich auf zweierlei Wege sich einstellen. Einmal ist es die durch die unorganischen und organischen Schlamm- und Sicker-Massen bewirkte fortschreitende Verstopfung der Poren, welcher allerdings durch genügendes Gefälle und hinreichende Spülung wesentlich vorgebeugt werden kann. Ueberdies wird auch die gesteigerte Aufsaugung (Drainage) derartiger Siele selbstreinigend auf die Porenkanäle wirken. Zweitens ist es die früher erörtete Ueberkleidung der Canalwände mit der »Siel- oder Aal-Haut«, welche die Wirkung der porösen Wandmaterialien in erklecklichem Grade paralysirt (S. 119). Allein diesem Uebelstande wird grade wieder auf Grund meiner Untersuchungen (S. 98) um so besser abgeholfen, je poröser (und dicker) die betreffenden Materialien sind, und ausserdem bleibt ja nicht ausgeschlossen, in extremen Fällen eine directe mechanische Reinigung des Röhrenstranges durchzuführen, deren Kosten verschwindend sein dürften gegenüber der Ersparniss in der ganzen Anlage.

Also auch diese letzten Bedenken erscheinen minderwerthig oder ganz gehoben und man könnte mit dem hoffnungsvollen Eindrucke von dieser Betrachtung scheiden, eine Reform des Sielbaues angebahnt zu sehen, welche von den erfreulichsten Folgen für den Fortschritt der Canalisation einerseits und den Staats- oder Gemeinde-Säckel andererseits begleitet wäre. Jedoch bin ich selbst jedweder Uebertreibung allzusehr abgeneigt, um nicht in etwas nüchternere Bahnen wieder einzulenken. Ohne die Ergebnisse meiner Untersuchungen und alle daraus gezogenen Schlussfolgerungen anzutasten, ohne die Strenge der Beweisführung auch in diesem letzten Abschnitte irgendwie selbst zu beanstanden, muss ich doch, gegenüber einer so wichtigen und in ihrer Tragweite so bedeutungsvollen technischen Frage das Zugeständniss machen, dass die Zahl und namentlich der Umfang meiner Versuche nicht hinreicht, um zur Lösung solcher Specialfragen vollständig genügen zu können. So ferne es mir deshalb liegt, ein unmittelbares Inslebentreten der von mir gemachten Vorschläge direkt befürworten zu wollen, so sehr glaube ich doch beanspruchen zu dürfen, dieselben einer eingehenden Prüfung von technischer Seite gewürdigt zu sehen. Auf principiell richtigen Grundlagen fussend fehlt es an dem für die Praxis freilich wichtigsten experimentum crucis, nämlich an den Versuchen »im Grossen«. Hoffentlich ist

es aber meiner Darstellung in diesem Abschnitt gelungen, das Interesse der Techniker insoweit zu erwecken, um grade derartigen Versuchen die Wege zu ebenen. —

Die so gefürchtete Bodeninfection durch die Siele ist also — um kurz zu resumiren — nur in geringem Umfange zuzugestehen und zwar aus Gründen, die zum Theil schon in früheren Arbeiten verschiedener Forscher niedergelegt sind, zum wesentlichsten Theile aber erst durch die auf diesen Blättern verzeichneten Experimental-Untersuchungen entscheidend klargestellt werden konnten. Vielleicht wird dieselbe aber sogar ganz zu vermeiden und im Zusammenhang damit eine Reform des Sielbaues einzuführen sein, welche denselben sowohl wirksamer, als auch erheblich billiger erscheinen lassen dürfte. Nach beiden Richtungen, der sanitären wie der technischen, wird somit durch die vorliegende Arbeit, wie ich hoffe, dem Principe der Canalisation eine gewisse Förderung zu Theil, welche grade deshalb von vielen Seiten freudig begrüsst werden wird, weil wir bei den grossen Aufgaben der hygieinischen Verbesserung umfangreicher städtischer Gemeinwesen sehr häufig zu der Durchführung dieses Principes aus örtlichen und andern Gründen gezwungen sind.

Druck von Ferdinand Schlotke in Hamburg.



Curventafel 1.
Pergamentpapier + Eiweiss.
Relative Diffusions-Menge des NaCl
nach n Stunden
(Menge der Ersten Stunde ruhend = 100)
Versuchsreihen I. II. III.
Schwächste Concentration
der NaCl-Losung (0,85 %).
Gewichtsmengen NaCl
Die ausgezogenen Linien Ruhend
Die gestrichelten » – Strömend
b = Stromgeschwind. v. 4 Ctm.
c = » » 8 »
d = » » 10 »
Stunden.
Curventafel 2.
Pergamentpapier + Eiweiss.
Relative Diffusions-Menge des NaCl
nach n Stunden
(Menge der Ersten Stunde ruhend = 100).
Versuchsreihen VI. VII. VIII
Stärkste Concentration
der NaCl-Losung (2,5 %).
Gewichtsmengen NaCl.
Die ausgezogenen Linien – Ruhend
Die gestrichelten » Strömend
b = Stromgeschwind v 4 Ctm.
c = » » 8 »
d = » » 10 »
Stunden.

es aber meiner D
insoweit zu erwec

Die so g
resumiren — nur
Theil schon in fr
lichsten Theile a
Untersuchungen e
sogar ganz zu v
einzuführen sein,
scheinen lassen c
wird somit durch
eine gewisse Förc
grüsst werden wi
umfangreicher st
cipes aus örtliche

Curventafel 3.

Schweinsblase.
Relative Diffusions-Menge des NaCl
nach n Stunden
(Menge der Ersten Stunde ruhend — 100).

Versuchsreihen IX, X, XI.
Mittlere Concentration
der NaCl-Losung (1,3 %).

Gewichtsmengen NaCl.

Die ausgezogenen Linien = Ruhend
Die gestrichelten » = Strömend
b = Stromgeschwind. v. 4 Ctm.
c = » » 8 »
d = » » 10 »

Stunden.

IXc XIc IXc Xc XIb IXb Xb

0 100 200 300 400 500 600

0 1 2 3 4 5 6

Curventafel 4.

Schweinsblase.
Relative Diffusions-Menge des NaCl
nach n Stunden.
(Menge der Ersten Stunde ruhend — 100).

Versuchsreihen XII, XIII, XIV.
Stärkste Concentration
der NaCl-Lösung (2,5 %).

Gewichtsmengen NaCl.

Die ausgezogenen Linien = Ruhend
Die gestrichelten » = Strömend
b = Stromgeschwind. v. 4 Ctm.
c = » » 8 »
d = » » 10 »

Stunden.

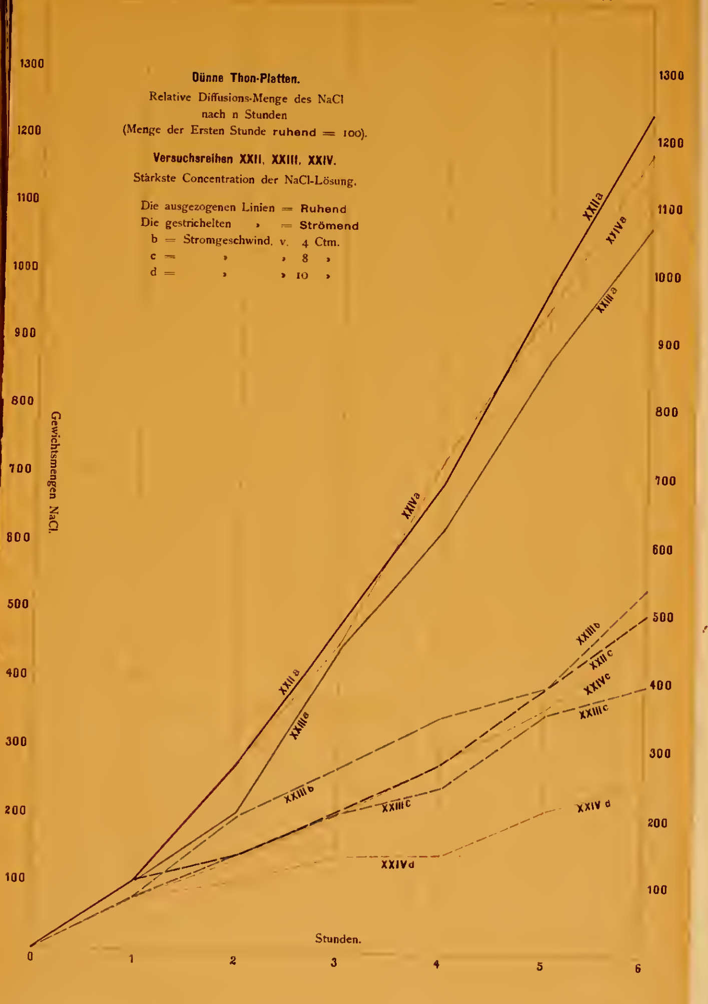
XIIc XIIIc XIIIb XIIa XIIIa XIVd XIVc XIVb

0 100 200 300 400 500 600 700 800

0 1 2 3 4 5 6

es ał
insow

resur
Theï
lichs
Unte
sogaı
einzı
schei
wird
eine
grüs
umfa
cipes



Dünne Thon-Platten.
Relative Diffusions-Menge des NaCl
nach n Stunden
(Menge der Ersten Stunde ruhend = 100).
Versuchsreihen XXII, XXIII, XXIV.
Stärkste Concentration der NaCl-Lösung.
Die ausgezogenen Linien = Ruhend
Die gestrichelten » = Strömend
b = Stromgeschwind. v. 4 Ctm.
c = » » 8 »
d = » » 10 »
Gewichtsmengen NaCl.
Stunden.
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
1
2
3
4
5
6
XXIIa
XXIVa
XXIIIa
XXIIIb
XXIIc
XXIVc
XXIIIc
XXIV d

es a!
insov

resui
Thei
lichs
Unte
soga
einzi
sche
wird
eine
grüs
umfa
cipes

Curventafel 6.

Bimstein-Platten, dünne.

Relative Diffusions-Menge des NaCl nach n Stunden.
(Menge der Ersten Stunde **ruhend** = 100)
Starkste Concentration der NaCl-Losung (2,5 %).

b = Stromgeschwind v. 4 Ctm.
c = » » 8 »
d = » » 10 »

Geringere Porosität = 1 Versuchsreihe XXVI
Grössere » = 4,1 » XXVII

Die ausgezogenen Linien — **Ruhend**
Die gestrichelten » = **Strömend**

XXVIIa Grössere Porositat = 4,1.
XXVIa Geringere Porosität = 1
XXVIIc Grossere Porositat = 4,1
XXVIb Geringere Porositat = 1
XXVIc Geringere Porosität = 1.

Gewichtsmengen NaCl.
300 250 200 150 100 50 0
0 1 2 3 4 5 6
Stunden.

Curventafel 7

Bimstein-Platten, dicke.

Relative Diffusions-Menge des NaCl nach n Stunden.
(Menge der Ersten Stunde **ruhend** = 100)
Starkste Concentration der NaCl-Lösung (2,5 %).

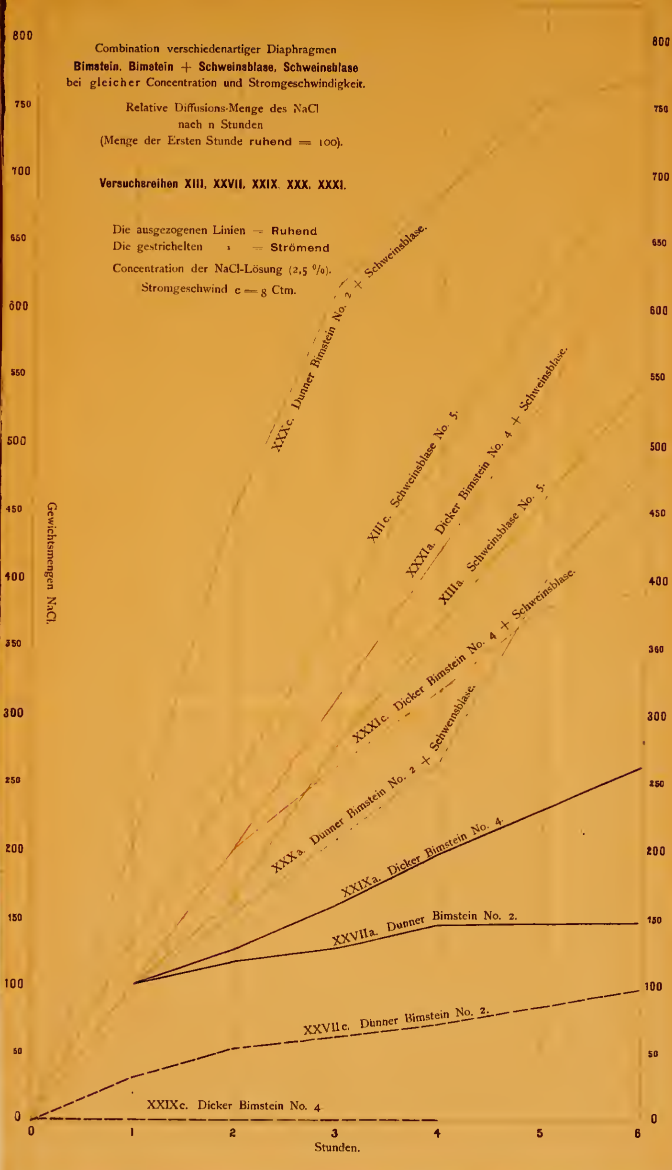
Geringere Porosität = 1,4 Versuchsreihe XXVIII
Grössere » = 4,8 » XXIX

Die ausgezogenen Linien = **Ruhend**
Die gestrichelten » = **Strömend**
b = Stromgeschwind. v. 4 Ctm.
c = » » 8 »
d = » » 10 »

Grössere Porositat = 4,8. XXIXa
Geringere Porositat = 1,4. XXVIIIa.
Geringere Porositat = 1,4. XXVIIIb
Geringere Porosität = 1,4 XXVIIIc.
Grössere Porositat = 4,8. XXIXc.

Gewichtsmengen NaCl.
300 250 200 150 100 50 0
0 1 2 3 4 5 6
Stunden.





Combination verschiedenartiger Diaphragmen
Bimstein. Bimstein + Schweinsblase, Schweineblase
bei gleicher Concentration und Stromgeschwindigkeit.
Relative Diffusions-Menge des NaCl
nach n Stunden
(Menge der Ersten Stunde ruhend = 100).
Versuchsreihen XIII, XXVII, XXIX, XXX, XXXI.
Die ausgezogenen Linien = Ruhend
Die gestrichelten " = Strömend
Concentration der NaCl-Lösung (2,5 %).
Stromgeschwind c = 8 Ctm.
XXXc. Dunner Bimstein No. 2 + Schweinsblase.
XIIIc. Schweinsblase No. 5.
XXXIa. Dicker Bimstein No. 4 + Schweinsblase.
XIIIa. Schweinsblase No. 5.
XXXIc. Dicker Bimstein No. 4 + Schweinsblase.
XXXa. Dunner Bimstein No. 2 + Schweinsblase.
XXIXa. Dicker Bimstein No. 4.
XXVIIa. Dunner Bimstein No. 2.
XXVIIc. Dünner Bimstein No. 2.
XXIXc. Dicker Bimstein No. 4
Gewichtsmengen NaCl.
Stunden.
0
1
2
3
4
5
6
800
750
700
650
600
550
500
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0